

NEUROCIENCIA
& PSICOLOGÍA

EL CEREBRO Y LAS EMOCIONES

Sentir, pensar,
decidir

Tiziana Cotrufo y
Jesús Mariano Ureña Bares

El cerebro y las emociones

© Tiziana Cotrufo y Jesús Mariano Ureña Bares, 2018

© 2018 de esta edición, Emse Edapp, S.L. y Editorial Salvat, S.L.

Realización editorial: Bonalitra Alcompas, S. L.

Diseño e ilustración de cubierta: Pau Taverna

Diseño y maquetación: Kira Riera

© Ilustraciones: Jordi Dacs (págs. 27 [Ilustración adaptada de Posner *et al.*, 2005], 45 [Ilustración basada en H. Damásio, *Science*, 1994], 54, 60

[Ilustración basada en la de Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum, Hudspeth. *Principle of Neural Science*, McGraw-Hill, fig. 48-1], 64 [Ilustración basada en la de Joseph LeDoux. *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*, 1996], 67 [Ilustraciones basadas en la de Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum, Hudspeth, *Principle of Neural Science*, McGraw-Hill, figura 48-4, adaptada por Nieuwenhuys, 1998]), Alexi-

lusmedical/Shutterstock.com (p. 87 a).
© Fotografías: shabanali.com (p. 30), tc.sinaimg.cn (p. 33). Dominio público: William James y Carl Lange (p. 48), imagen de resonancia (p. 83). Wikimedia Commons: Wellcomeimages.org [CC BY 4.0] (p. 22), Fronteiras do Pensamento [CC BY-SA 2.0] (p. 37), Life Science Databases (LSDB). [CC BY-SA 2.1] (p. 76), Chittka L, Brockmann [1], Inductiveload [CC BY-SA 2.5] (p. 87 ab).

ISBN: 978-84-471-1657-7 (obra completa)
978-84-471-1686-7 (volumen 2)
Depósito legal: B 27920-2018

Servicio de atención al cliente (solo para España)

Para cualquier consulta relacionada con la obra:

Tel.: 900 842 421, de 9 a 19 h, de lunes

a jueves; viernes de 9 a 16 h.

Fax: 93 814 15 69

Correo: C/ Amigó, 11, 5ª planta.

08021 Barcelona, España.

Web: www.salvat.com

E-mail de atención al cliente:

infosalvat@salvat.com

Departamento de suscripciones (solo para España)

Tel.: 900 842 840, de 9 a 19 h, de lunes a jueves; viernes de 9 a 16 h.

Fax: 93 814 15 69

Web: www.salvat.com

Distribución España

Logista Publicaciones

C/ Trigo 39, Polígono industrial Polvoranca

28914 Leganés (Madrid)

Distribución Argentina

Distribuidor en Cap y GBA: Distribuidora Rubbo

Río Limay 1600. C.A.B.A.

Tel.: 4303 6283 / 6285

Distribuidor en Interior

Distribuidora General de Publicaciones S.A.

Alvarado 2118 C.A.B.A.

Tel.: (11) 4301-9970

E-mail: dgp@dgpsa.com.ar

Importador en Argentina

Distribuciones del Futuro S.A.

Paseo Colón 221 Piso 6, C1063AAC, C.A.B.A.

Tel.: (11) 4301-3601

Horario atención: 9 a 17:30 h.

E-mail: ventas@brihet.com.ar

Web: www.brihet.com.ar

Importación y Distribución México

Distribuidora Intermex S.A. de C.V.

Lucio Blanco n.º 435

Col. San Juan Tlihuaca

Azcapotzalco

CP 02400 Ciudad de México

Tel.: 52 30 95 00

Importación y Distribución Perú

PRUNI SAC

Av. Nicolás Ayllón 2925 Local 16A

El Agustino - Lima

e-mail: suscripcion@pruni.pe

Tel.: (511) 441-1008

Nota de los editores

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar, escanear o hacer copias digitales de algún fragmento de esta obra.

Está prohibida cualquier forma de comercialización individual y separada de la obra editorial fuera de los canales habituales de los editores que figuran en los créditos de los fascículos. Algunos componentes de la colección podrían ser modificados si circunstancias técnicas así lo exigieran.

EL CEREBRO Y LAS EMOCIONES

Sentir, pensar, decidir

TIZIANA COTRUFO
Y JESÚS MARIANO UREÑA BARES

CONTENIDO

Introducción	7
En defensa de las emociones	11
Comprender las emociones	15
Las funciones de las emociones	19
¿Puede ponerse orden en las emociones?	25
«Inside out»	29
<i>Facial Action Coding System (FACS)</i>	32
Entonces, ¿qué son los sentimientos?	32
(Casi) todo está en la cabeza	39
<i>Un Phineas Gage moderno</i>	43
¿Cómo brotan las emociones?	47
La hipótesis del marcador somático de António Damásio	55
Las primeras teorías anatómicas: el tálamo en el circuito de Papez	58
<i>El sistema nervioso periférico ante situaciones de estrés</i>	62
El sistema límbico de MacLean	63
Las emociones primarias	69
Miedo y ansiedad	72
<i>¿Por qué a algunas personas les gusta pasar miedo?</i>	74
La ira	80
<i>Técnicas de neuroimagen</i>	82
<i>¿Por qué los adolescentes son más impulsivos e irascibles?</i>	84
El asco	85
Alegría	88
<i>Emociones y neurotransmisores</i>	90
La tristeza	92
La sorpresa	94
<i>Detección inconsciente de las emociones</i>	96
Un apunte sobre emociones sociales o secundarias	97

¿Y el amor?	99
El circuito de la motivación y la recompensa	102
Visión evolutiva del enamoramiento	104
¿Qué zonas del cerebro se activan en los procesos amorosos?	105
La química del amor	107
Monogamia o promiscuidad: ¿una cuestión de hormonas y receptores?	109
Evolución bioquímica de una relación romántica	112
Expectativas en la aplicación de la neurociencia al amor	113

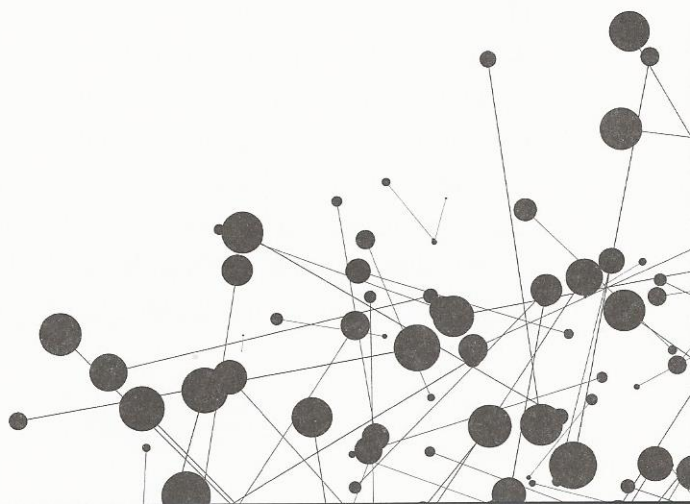
El impacto de las emociones en la memoria, la cognición y la toma de decisiones	115
Memorias prodigiosas y memorias desconcertantes	118
<i>Tipos de memoria</i>	123
Reconsolidación de las memorias	125
Cognición y emoción	127
La amígdala en los procesos cognitivos	128
Emoción y toma de decisiones	131
<i>El caso de Tammy Myers: el peso de las emociones en la toma de decisiones</i>	133

Epílogo	137
----------------	------------

Bibliografía consultada	143
--------------------------------	------------

Bibliografía recomendada	144
---------------------------------	------------

INTRODUCCIÓN



Seamos sinceros: hasta ahora, las emociones han tenido mala prensa. O, como mínimo, no la han tenido muy buena. Esta afirmación seguramente sorprenderá a más de uno, y no tardarán en ponerse sobre la mesa objeciones destinadas a demostrar lo contrario. Al fin y al cabo, la historia está llena de alabanzas genéricas a las emociones, y no cabe duda de que han sido las protagonistas indiscutibles en un terreno tan apreciado como el del arte: la ira, el amor, la alegría o la tristeza han sido el tema principal y también la fuente de inspiración de las más grandes novelas, melodías o creaciones plásticas. Todo ello es cierto. Pero si examinamos con mayor detalle nuestro desarrollo cultural y nuestra propia cotidianidad, descubriremos algunos aspectos significativos que desmienten, o cuando menos matizan, esa supuesta admiración que profesamos a las emociones.

Empecemos por la historia evolutiva de cada uno de nosotros. Durante la infancia, las emociones son las protagonistas de nuestras vidas. En un abrir y cerrar de ojos, un niño puede pasar de la alegría que le da recibir un regalo a la tristeza que siente cuando sus padres tienen que ir a trabajar, de la rabia por tener que compartir un juguete a la tranquilidad que lo invade cuando le leen un cuento antes de acostarse. Sin embargo, tradicionalmente la educación ha ido encaminada a controlar, cuando no reprimir, esas emociones, subordinándolas al juicio o la razón, sobre todo en el caso de emociones negativas como la ira o el asco. Cuando el

niño las manifiesta, se le invita a explicar sus motivos, a buscarles un origen, a ser sensato. A medida que crece, le pedimos que reflexione y razone sobre aquello que dice o hace, y así se transmite, aunque sea de manera implícita, un cierto predominio del pensamiento sobre las emociones.

Si ampliamos ahora la perspectiva hasta abarcar la historia de nuestra cultura, encontramos un claro indicador de que las emociones están subordinadas a la razón en la respuesta que se ha dado a la pregunta «é es el hombre?». La respuesta clásica ha sido «Un animal racional». Desde los tiempos de los antiguos griegos se ha considerado que son las actividades intelectivas (el pensamiento, la razón, el juicio) lo que nos hace propiamente humanos y nos distancia del mundo de los «brutos». Se trata de un argumento que ha tenido un largo recorrido y que según ónio Damásio, el famoso neurólogo que ha dedicado buena parte de su labor investigadora al estudio del binomio formado por las emociones y la cognición, tiene sus principales hitos en Platón y en el filósofo francés René Descartes. En el caso del primero, bastaría con recordar el célebre mito que se narra en el diálogo *Fedro*, en el que el alma humana se describe como un carro tirado por dos corceles y conducido por un auriga. Los dos caballos representan el alma concupiscible (deseo) y la irascible (voluntad), mientras que el auriga encarna el alma racional. Basándonos en esta concepción tripartita del alma, que a partir de Platón se convertiría en dominante, el ser humano solo puede elevarse y alcanzar el conocimiento y la rectitud si la parte racional consigue dominar a las otras dos. El no menos famoso *cogito ergo sum* ('pienso, luego existo') de Descartes no hizo sino reforzar una tendencia que ya venía de lejos.

A resultas de todo ello, en nuestra tradición cultural con frecuencia tratamos las emociones no solo como algo ajeno a la

razón, sino como algo que interfiere en su buen funcionamiento. Incluso las ciones positivas, como la alegría o el amor, nos parecen dignas de elogio siempre y cuando no las mezclamos con las «cosas serias», tales como aprender, pensar o tomar decisiones importantes. Como si fueran ese amigo divertido pero poco fiable por el cual, aunque nos guste pasar un buen rato con él, preferimos no dejarnos llevar.

En defensa de las emociones

Lo dicho hasta ahora no pretende ser un alegato en contra de la razón ni de nuestra tradición cultural, ¡faltaría más! Nadie discute que el pensamiento es una facultad íntimamente unida a la condición del ser humano, y esta concepción heredada de los griegos es la que ha permitido, con el paso de los siglos, la aparición de una peculiar forma de afrontar y conocer el mundo: la ciencia. Sin embargo, es precisamente la misma ciencia la que, en fechas muy recientes, ha empezado a poner en cuarentena todo lo que hasta hace poco se sabía acerca de las emociones. Gracias a los nuevos avances en el conocimiento del cerebro y a las evidencias experimentales acumuladas a lo largo de los últimos años, ahora sabemos que las emociones, además de hacernos, al igual que la razón, propiamente humanos, desempeñan un papel esencial en el correcto funcionamiento de nuestras «facultades elevadas». La curiosidad y el asombro —que intervienen en la motivación— son ingredientes indispensables del aprendizaje, ya que nori- zamos más y mejor aquellas informaciones que están vinculadas a las emociones; iedo, a su vez, nos permite tomar decisiones adecuadas en situaciones de riesgo, pues ayuda a anticipar posibles amenazas y peligros. Como ya intuyó Charles Darwin, uno de

los precursores de la neurociencia afectiva, si las emociones están ahí es porque cumplen una función positiva en nuestra supervivencia como especie.

Este es exactamente el propósito del presente libro: hacer una reivindicación, razonada y sensata, de las emociones. *In medio stat virtus*, que dirían los antiguos. Para ello, empezaremos con un primer capítulo destinado a poner un poco de orden y responder a una pregunta fundamental para poder seguir adelante: ¿qué es una emoción? Definiremos sus rasgos esenciales desde el punto de vista científico y haremos un breve esbozo de los principales modelos que se han propuesto para clasificarlas. Una vez que tengamos claro de qué estamos hablando, en el segundo capítulo intentaremos seguirles el rastro e identificar su lugar de residencia. Del qué son, pasaremos al dónde y cómo brotan. Nuestras pesquisas, inevitablemente anatómicas, no nos llevarán al corazón, sino a diversas regiones del cerebro. Y es que, como sucede con tantas otras cuestiones humanas, también cuando se trata de emociones, casi todo está en la cabeza.

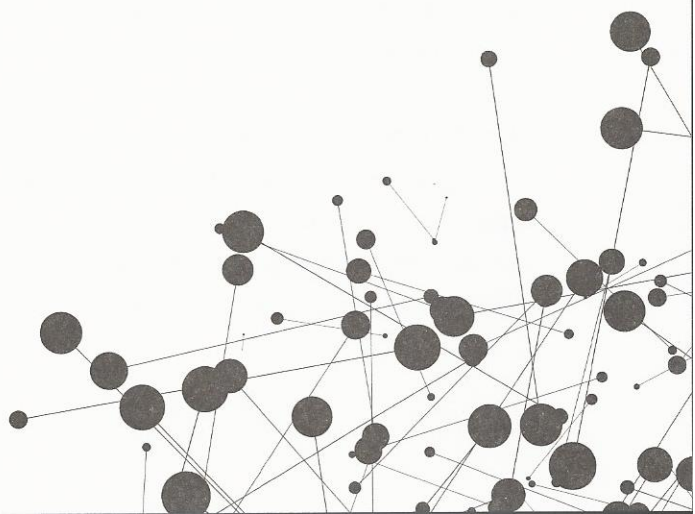
Equipados ya con un necesario bagaje «académico», en los siguientes capítulos podremos dedicarnos a profundizar en el conocimiento de las principales emociones, descubriendo las características distintivas de cada una de ellas y cómo intervienen en nuestra vida. De entrada, nos centraremos en las emociones primarias, aquellas que parecen hermanarnos a todos los seres humanos independientemente del entorno cultural en el que hayamos sido educados. Son el miedo, la ira, el asco, la alegría, la tristeza y la sorpresa. Seguiremos con un capítulo dedicado en exclusiva al amor, con el que el libro debería alcanzar su clímax romántico; pero no nos engañemos, aparecerán más neuromoduladores que bellas parejas a la luz de la luna. Ya para acabar, tendremos ocasión de ver a todas las emociones en acción y

comprobar que, lejos de ser un obstáculo, resultan imprescindibles para que podamos aprender, recordar y decidir más y mejor. *Quod erat demonstrandum.*

A lo largo de todo el trayecto complementaremos las explicaciones de naturaleza más teórica con la descripción de curiosos experimentos y célebres casos clínicos, como el de Phineas Gage o la paciente S. M. La función de estos ejemplos no es tan solo la de «salpimentar» la teoría. Por un lado, representan el obligado aval empírico que diferencia al conocimiento de la mera especulación sin fundamento o, peor aún, de las simples leyendas urbanas. Si, como decíamos antes, el propósito de este libro es romper una lanza en favor de las emociones de forma sensata y razonada, las pruebas experimentales constituyen un elemento irrenunciable para ello. Por otro lado, los casos patológicos son la mejor prueba de que la razón, en ausencia de emociones, resulta mucho más imperfecta que cuando va acompañada de las aparentes distracciones emocionales.

Un último apunte etimológico antes de entrar en materia. La palabra «emoción» deriva del latín *moveo* ('mover') con el añadido del prefijo e- ('desde'), de modo que el origen mismo del término revela que en toda emoción se encierra el impulso de actuar, de moverse. No podríamos escoger, razonar o aprender sin emociones. Dejémonos llevar ahora por la curiosidad y pongámonos en marcha para conocerlas mejor.

COMPRENDER LAS EMOCIONES



Si no queremos empezar la casa por el tejado, lo primero que deberíamos hacer para conducir nuestra investigación a buen puerto es definir su objeto. Dicho de otro modo: ¿de qué hablamos cuando hablamos de emociones? Basta con plantear la pregunta para darnos cuenta de que nos enfrentamos a una empresa ardua. De entrada, porque a menudo las emociones son una experiencia íntima y personal para la que es extremadamente difícil establecer formas de medirla objetivamente y, en consecuencia, de estudiarla a partir de un comportamiento observable. A esa primera dificultad se le añade el hecho de que «emoción» es una palabra que se usa en el día a día de una forma heterogénea y no siempre precisa.

Justamente para intentar delimitar su significado y concretar su contenido, en el campo de las neurociencias hablamos de emociones para referirnos a un conjunto de cambios fisiológicos, cognitivos, subjetivos y motores que nacen de la valoración (consciente o inconsciente) de un estímulo, en un contexto determinado y con relación a los objetivos de un individuo en un momento concreto de su vida.

Hay que admitir que, planteada así, la definición científica de qué es una emoción no resulta particularmente emocionante ni iluminadora. Dado que nuestro objetivo era formarnos una idea más precisa del término, más de uno pensará que no hemos avanzado nada. Sin embargo, si nos detenemos en cada uno de los dife-

rentes elementos que componen la definición, veremos que esta, en apariencia abstrusa, intenta en realidad reunir y formalizar los aspectos fundamentales del concepto intuitivo de emoción.

El primer elemento destacable es que la definición propuesta nos remite a algo que cambia: la presencia de una emoción está vinculada a una modificación (fisiológica, cognitiva, subjetiva...) que se manifiesta de forma objetiva. Centrándonos, por ejemplo, en el plano fisiológico, algunas manifestaciones típicamente «emocionales» serían la aceleración (o ralentización) de los latidos del corazón o de la respiración, o la aparición de sudor frío. En definitiva, cuando no cambia nada, no está en juego ninguna emoción. Entre todos los cambios posibles, no obstante, solo nos interesan aquellos que pueden relacionarse con la presencia de un estímulo externo o interno que los ha provocado, excluyendo por lo tanto los que aparecen de forma espontánea o casual.

Sin embargo, resulta evidente que la simple manifestación de un cambio fisiológico, cognitivo o motor causado por un estímulo no es suficiente para definir una emoción: cuando nos tomamos una taza de café (estímulo) también se produce una aceleración del ritmo cardíaco (modificación fisiológica) que no es ni espontánea ni casual, pero no por ello creemos estar delante de una emoción. El tercer ingrediente esencial en nuestra definición es la presencia de una valoración (positiva o negativa) que acompaña al estímulo y a la modificación que este provoca en nosotros; hay una vivencia con un valor personal. Las emociones nos sacuden, nos hacen sentir vivos, para bien o para mal. Por último, la determinación del valor de esa vivencia no es un proceso que se produzca en el «vacío», de forma autónoma, sino que depende de la situación personal del sujeto y del contexto en el que se produce.

Un sencillo ejemplo cotidiano nos ayudará a esclarecer definitivamente el significado de la definición que estamos analizando.

Imaginemos a una persona que nota un ligero cosquilleo en el brazo y que, al intentar descubrir qué lo ha causado, ve a un simpático escarabajo que camina alegremente por él. Es probable que la visión del escarabajo (estímulo) desencadene algunas reacciones en el protagonista de nuestro ejemplo, como la disminución de la temperatura de las manos y del ritmo cardíaco (cambios fisiológicos) mientras experimenta una sensación de desagrado (vivencia). Sin lugar a dudas, estamos ante una emoción, en este caso en concreto, la del asco. Ahora bien, si nuestro protagonista resultara ser un fanático de la entomología, le aumentarían tanto el ritmo cardíaco como la temperatura de las manos, y la visión del insecto le produciría una placentera sensación de bienestar. También se trataría de una emoción, pero en este caso, la de la alegría. Como vemos, el contexto es relevante.

Gracias a esta definición podremos concretar cuándo lo que experimentamos es una emoción y, por lo tanto, identificar su presencia. Pero si lo que queremos es entenderlas por completo, la etapa siguiente es la de intentar comprender qué función tienen, del mismo modo que para entender qué es un destornillador no basta con saber identificarlo, sino que resulta de gran ayuda saber para qué sirve.

Las funciones de las emociones

La cuestión referente a la función de las emociones nos lleva a uno de los dos padres fundadores de la neurociencia afectiva: el célebre naturalista británico Charles Darwin (1809-1882). En 1859 Darwin publicó *El origen de las especies*, un libro que iba a revolucionar para siempre el conocimiento de los seres vivos y en el que su autor exponía por primera vez su archiconocida

teoría de la evolución. Como el lector recordará, Darwin entendió que aquellos individuos que presentaban características que incrementaban sus posibilidades de supervivencia o reproducción en un determinado entorno tenían una mayor probabilidad de transmitir su herencia (y por lo tanto esas mismas características) a las generaciones sucesivas, por la simple razón de que los poseedores de dichas características sobrevivían o se reproducían en mayor medida que sus congéneres. Además de identificar los dos mecanismos principales que explicaban la evolución de la vida en el pasado, la teoría ofrecía también algunas pistas para entender las características de los seres vivos actuales: si un rasgo había sido seleccionado por la evolución y había perdurado hasta el presente, era lógico suponer que ello fuera debido a su utilidad. Debía cumplir alguna función.¹

En 1872, trece años después de la aparición de *El origen de las especies*, Darwin publicó un libro titulado *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales*, en el que a partir de la teoría de la evolución intentaba entender la forma en que los humanos, tan próximos en muchos aspectos a los animales, expresamos nuestras emociones. La hipótesis de partida era que si las emociones humanas son resultado de la evolución, debían poder observarse analogías significativas con aquellas experimentadas por las especies animales más próximas a nosotros.

¹ Por desgracia, la teoría de la evolución se presta con frecuencia a algunas interpretaciones erróneas, por lo que es fundamental insistir en algunas de las pistas que hemos dado en el texto. Si una especie presenta un determinado rasgo en la actualidad, ese rasgo podría tener una explicación evolutiva, pero no tiene por qué ser así necesariamente. En nuestro cuerpo no todo es útil o funcional. Algunas características quizá lo fueron en el pasado (en un entorno distinto) pero no lo son ahora, o incluso pueden no haberlo sido jamás. No parece que los dedos meñiques de nuestros pies hayan representado jamás una ventaja para el éxito adaptativo o reproductivo de nadie, y sin embargo ahí están.

En efecto, Darwin mostró que determinados estímulos provocaban cambios en las expresiones faciales y cambios somáticos estereotipados que eran comunes a las diferentes especies. Para ello, Charles Darwin recopiló muchísimas fotografías e ilustraciones de las expresiones faciales de actores, niños y enfermos mentales y las comparó con las observadas en los animales (véase la figura 1, en la pág. 22). Buscó la colaboración de fotógrafos como Oscar Rejlander para capturar las expresiones mostradas como resultado de las emociones, e incluso aprovechó las cenas que organizaba en su casa de campo para someter a los invitados a un pequeño experimento: les pedía que relacionaran con una emoción cada una de las fotografías realizadas por el neurólogo francés Guillaume-Benjamin-Amand Duchenne a un anciano al que había aplicado electrodos en músculos concretos de la cara para provocar su contracción y generar expresiones faciales diferentes.

En realidad Darwin no pretendía decir que la ira de un ser humano fuese equiparable al gruñido de un perro, ni que el miedo de un gato se pudiese comparar al terror de un hombre, ni que la alegría de un simio equivaliese a la de una persona. Su propósito era mostrar que las emociones responden a una lógica evolutiva y que, como tales, son el resultado de la selección natural, como cualquier otro rasgo que haya sido seleccionado por contribuir a la supervivencia o al éxito reproductivo. Si las emociones están ahí tanto en el hombre como en los animales es porque desempeñan una función adaptativa, o por lo menos la han desempeñado en algún momento del pasado.

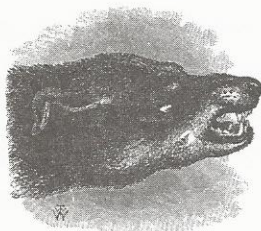
Estas consideraciones supusieron una notable revolución científica en aquella época, pues con ellas se ponía fin a la concepción predominante hasta entonces según la cual las emociones solo entorpecían el pensamiento lógico y las decisiones

Figura 1: Analogías.

En 1872, Charles Darwin publica *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales*, donde afirma que las habilidades emotivas están sujetas a la selección natural. Mediante ilustraciones detalladas y un cuidadoso análisis de las respuestas fisiológicas a las diferentes emociones, Darwin traza una analogía entre las expresiones faciales en los animales y en el hombre.

A. Perro que gruñe y mujer en actitud de desaffo (Rejlander). B. Gato aterrizado por un perro y el terror de un hombre (experimento del doctor Duchenne). C. Expresión de un macaco cuando es acariciado y expresión natural de alegría en un hombre (experimento del doctor Duchenne).

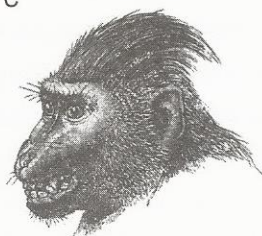
A



B



C



racionales. Al contrario, el miedo nos permite huir o prepararnos para el ataque en presencia de un peligro. A su vez, otras emociones como, por ejemplo, el amor contribuyen a reforzar los vínculos con las demás personas, lo que a su vez incrementa nuestra probabilidad de supervivencia (al empujarnos a buscar el

bienestar del individuo al que apreciamos), de mantener la especie (mediante la procreación) o de hacer frente a las dificultades («la unión hace la fuerza»). Cuando algo nos produce alegría, la expresión de nuestro rostro cambia rápidamente e invita a las personas que están a nuestro alrededor a participar en esa situación. Y lo mismo sucede con las emociones negativas, que permiten advertir a quienes nos rodean del peligro del estímulo que las provoca. En definitiva, las expresiones del rostro y del cuerpo generadas por las emociones reflejan las intenciones de la persona y suponen una ayuda extremadamente importante en las interacciones sociales. Según Uta Frith, psicóloga alemana del desarrollo y una de las mayores especialistas en autismo, esta capacidad de leer la mente de los demás a partir de sus expresiones corporales y faciales es de tan vital importancia que su mal funcionamiento estaría relacionado con la falta de habilidades sociales que sufren los pacientes afectados de autismo.

Si, como acabamos de ver, las emociones desempeñan un papel social y comunicativo, no menos importante es su función motivacional. Cuando un comportamiento está vinculado a una emoción positiva, estaremos más predispuestos a repetir la misma acción una y otra vez, mientras que una emoción negativa como el miedo contribuye a que evitemos situaciones peligrosas en el futuro.

Las intuiciones originales de Darwin fueron recientemente desarrolladas por el teórico evolucionista Robert Plutchik (1927-2006), profesor emérito de psiquiatría y psicología de la Facultad de Medicina Albert Einstein. En un famoso artículo de 2001, «La naturaleza de las emociones», Plutchik lamentaba la exuberancia teórica que rodeaba todo lo relacionado con las emociones, probada por el hecho de que a lo largo del siglo xx se hubieran propuesto más de noventa definiciones distintas

del término «emoción», y fueran incluso más numerosas las hipótesis teóricas sobre su papel en la vida. Para evitar semejante dispersión y disponer de una base común que posibilitase la investigación y el debate científico, Plutchik proponía integrar las principales contribuciones de las distintas corrientes existentes en este campo, desde el evolucionismo de Darwin o el psicoanálisis de Freud hasta los planteamientos neurobiológicos más recientes, pasando por la corriente psicofisiológica de William James, la neurológica de Cannon o el punto de vista cognitivo de la década de 1950.

Siguiendo este planteamiento, Plutchik elaboró un sencillo esquema a partir del cual se organizarían las distintas emociones. Tal como puede verse en la tabla 1, para cada una de las ocho emociones básicas que establece este modelo se identifica el estímulo que la desencadena, la respuesta cognitiva asociada a la reacción emocional, la correspondiente respuesta en el comportamiento y la función de la emoción. Si tomamos el miedo como ejemplo, el estímulo desencadenante es la presencia de una amenaza, que hace que aparezca en nuestra mente la idea de peligro (cognición) y nos empuje a huir (comportamiento), todo ello con la finalidad de proteger nuestra supervivencia (función). El esquema de Plutchik representa un avance notable en el intento de catalogar las emociones. En primer lugar, porque gracias a su sencillez y a su planteamiento adaptativo, se puede aplicar tanto al ser humano como a otras especies animales. En segundo lugar, porque establece una relación explícita entre el mundo emocional y sus correlatos cognitivos, mostrando así que son dos esferas interdependientes. Y por último, porque permite reducir la complejidad y establecer ocho emociones básicas (miedo, ira, alegría, tristeza, confianza, asco, anticipación y sorpresa) vinculadas a su vez a ocho funciones adaptativas esenciales.

Emociones	Evento-Estímulo	Cognición	Comportamiento emocional	Función de la emoción
MIEDO	Amenaza	Peligro	Atacar, huir	Protección
IRA	Obstáculo	Enemigo	Luchar, atacar	Destrucción del enemigo
ALEGRÍA	Acoplamiento potencial	Posesión	Cortejar, acoplarse	Reproducción
TRISTEZA	Pérdida de una persona amada	Abandono	Llorar, pedir ayuda	Reintegración
CONFIANZA	Miembro del grupo	Amistad	Cuidar de los demás, compartir	Afiliación
ASCO	Objeto espeluznante	Veneno	Vomitir	Rechazo, protección
ANTICIPACIÓN	Nuevo territorio	Búsqueda	Examinar, mapear	Exploración
SORPRESA	Nuevo objeto	¿Qué es?	Detenerse, estar en alerta	Orientación

Tabla 1: El esquema de Plutchik. Punto de vista funcional del comportamiento emocional. Para cada tipo de emoción de base, tanto en los seres humanos como en los animales, existen estímulos específicos, aspectos cognitivos característicos, uno o más comportamientos distintivos y una serie de funciones que explicarían su existencia y evolución. FUENTE: Información adaptada de Robert Plutchik, «The Nature of Emotions», *American Scientist*, 2001.

¿Puede ponerse orden en las emociones?

En las páginas anteriores hemos visto que nuestro intento de comprender las emociones se traducían en buscar respuesta a dos preguntas básicas: qué son y para qué sirven. La primera nos ha llevado a formular una definición científica de eso que llamamos «emoción» con la que precisar sus límites y características esenciales. La segunda, por el contrario, nos ha llevado a indagar su función, una cuestión de naturaleza casi filosófica. Como hemos observado, lejos de ser un obstáculo para nuestra plena realización en cuanto seres humanos, cosa que podría parecer

a la luz de la tradición racionalista, el evolucionismo ha demostrado que la existencia de las emociones responde a una lógica muy precisa, puesto que cumplen un papel determinante en la vida y la historia de nuestra especie. Las emociones existen porque resultan útiles.

Aclarado este punto, solo nos queda superar una última etapa antes de poder lanzarnos a estudiar con todo detalle el mundo de las emociones. Hasta aquí hemos delimitado el terreno de juego, pero por desgracia esto no basta si queremos «operar» con una materia prima que se presenta en una enorme diversidad de formas y manifestaciones. Al igual que ocurriría si, sentados a una mesa de despacho llena a rebosar de documentos (hojas, apuntes, fotografías, cuadernos...), pretendiéramos trabajar con ellos y llegar a algún resultado, es preciso poner un poco de orden.

En el fondo, es algo parecido a lo que se intenta hacer también en este libro, donde procuramos ordenar la información en capítulos y apartados para que al lector le resulte más fácil hacerse una idea clara de lo que se sabe acerca del cerebro y las emociones. Y, como sucede con los capítulos y las secciones de un libro, no hay un único orden objetivo, «correcto», sino que existen diversas opciones equivalentes desde el punto de vista de su legitimidad y funcionalidad. Así, para el estudio de las emociones, son varias las perspectivas, teóricas y experimentales, desde las cuales estas se pueden identificar y clasificar. Aquí se ilustrarán las dos posturas predominantes en la actualidad. Estos dos modelos, desarrollados de forma independiente, son aparentemente excluyentes, y sus defensores a menudo se disputan el trofeo de la «verdad» en exclusiva. Pero como en muchas otras situaciones semejantes, si contemplamos la refriega desde fuera con una mirada desapasionada y científica, nos damos cuenta de que hay un poco de verdad en cada una de las posiciones.



Figura 2: Modelo bidimensional. Representación bidimensional de los estados emocionales, determinados por sus niveles de valor y activación.

La primera se conoce como «modelo dimensional de las emociones» y sostiene que todos los estados afectivos pueden describirse a partir de dos dimensiones continuas principales (de ahí el nombre del modelo). Una de estas dos dimensiones tiene que ver con el valor (positivo o negativo) de la emoción, que se distribuye a lo largo del eje agradable-desagradable, mientras que la otra dimensión recoge la fuerza de la emoción (*arousal*, 'intensidad de activación'). En ocasiones, esas dos dimensiones principales pueden enriquecerse con otras complementarias, como el grado de control, la compatibilidad con las normas sociales de referencia y la novedad de los eventos elicitanes (aquellos que provocan una respuesta). Según este modelo, la felicidad sería un estado emotivo caracterizado por el valor positivo y por un nivel de activación moderado, mientras que la excitación compartiría con la felicidad el valor positivo pero iría acompañada de un estado de activación mayor (véase la figura 2). Lo mismo sucedería con cualquier otra emoción, que podría ordenarse y descomponerse a lo largo de estos dos

ejos, el del valor y el de la activación. La posterior atribución cognitiva (es decir, la relación con lo que sabemos a partir de nuestras vivencias o previsiones), gracias a la cual integramos las diferentes dimensiones y la experiencia fisiológica concomitante (reacciones corporales), es lo que acabaría por caracterizar a cada una de las emociones. Según este modelo, pues, las emociones no serían innatas o determinadas biológicamente, sino que se corresponderían más bien con la representación e interpretación que se da en cada individuo a partir de sus propias experiencias. La segunda característica del modelo es que las emociones se diferencian entre sí por pequeñas variaciones en las dos dimensiones estudiadas (valor y activación), exactamente como si se tratara de una gradación de colores que se suceden uno tras otro de forma continua. La frontera entre la alegría y la excitación es una cuestión de grado.

El segundo modelo de clasificación de las emociones es, por el contrario, de tipo categórico: en él las emociones se conciben como entidades discretas, independientes las unas de las otras. Remitiéndose a la concepción psicoevolucionista de Darwin, Silvan Tomkins (1911-1991) y el ya mencionado Robert Plutchik consideran que las emociones están vinculadas a la realización de objetivos universales, necesarios para la supervivencia de la especie y del individuo. Este planteamiento, que supone que las expresiones faciales y las emociones son innatas y están reguladas por programas neuronales de activación, fue posteriormente desarrollado por los famosos psicólogos Paul Ekman, con quien contactó el director Pete Docter para que lo asesorara en la película de animación *Del revés (Inside Out)*, y Carroll Izard. Surge así una teoría que distingue entre emociones primarias o básicas y emociones secundarias (mixtas o complejas), que son el resultado de una combinación de varias emociones primarias discretas.

«Inside Out»

A medio camino entre la filosofía, la psicología y la neurociencia, la divertida película de animación *Del revés (Inside Out, 2015)* refleja el papel que juegan las emociones en el comportamiento humano de forma bastante ajustada a los conocimientos científicos actuales, aunque algo simplificada. En concreto, la película muestra que nuestras decisiones y nuestra conducta son el resultado de la interacción en pie de igualdad entre emociones y pensamientos.

La protagonista de la historia es Riley, una niña que se va a vivir a otra ciudad y deja atrás a sus amigos y sus costumbres. Dentro de su cabecita tiene una consola llena de botones y palancas, controlados por cinco emociones: Alegría, Tristeza, Ira, Asco y Miedo. Todas ellas van pulsando los botones de la cabeza de Riley, menos Tristeza, que cuando lo intenta es inmediatamente apartada por las demás porque no entienden el sentido de su existencia.

Cada vez que Riley experimenta una emoción, nace un recuerdo con forma de esfera luminosa del color de la emoción que la ha generado. Casi todos los recuerdos van a parar, a través de unos tubos, a la sede de la memoria a largo plazo, un archivo inmenso en forma de laberinto, excepto algunos que permanecen en el cuartel general y son los recuerdos esenciales. Estos últimos contribuyen a formar las cinco islas de la personalidad, que en el caso de Riley son todas felices: la Isla Familia, la Isla Honestidad, la Isla Payasada (es decir, la inclinación por las bobadas), la Isla Hockey y la Isla Amistad.

Así pues, este es el primer mensaje: ¡las emociones refuerzan la memoria y la formación de los recuerdos! Por si fuera poco, sobre estas emociones y recuerdos, que obviamente no son ni innatos ni estáticos sino fruto de las experiencias individuales y de las relaciones con los demás, se construyen los pilares de la personalidad de la niña que crece. De ahí se deduce otra relación de interdependencia, en este caso entre emociones y sentido de la moralidad.

Por último, cuando Alegría y Tristeza se pierden en los meandros del cerebro, exactamente en los laberintos de la memoria a largo plazo, el mundo de la protagonista se viene abajo porque la pequeña ya no es capaz de saber cómo comportarse ante lo que le sucede. Será justamente Tristeza quien la rescatará, pues ella es la marca que acompaña a la pérdida de aquello que queremos. Alegría entenderá entonces la función de su compañera: cuando estamos tristes ¡esta emoción es una forma de pedir ayuda a las personas que nos quieren!

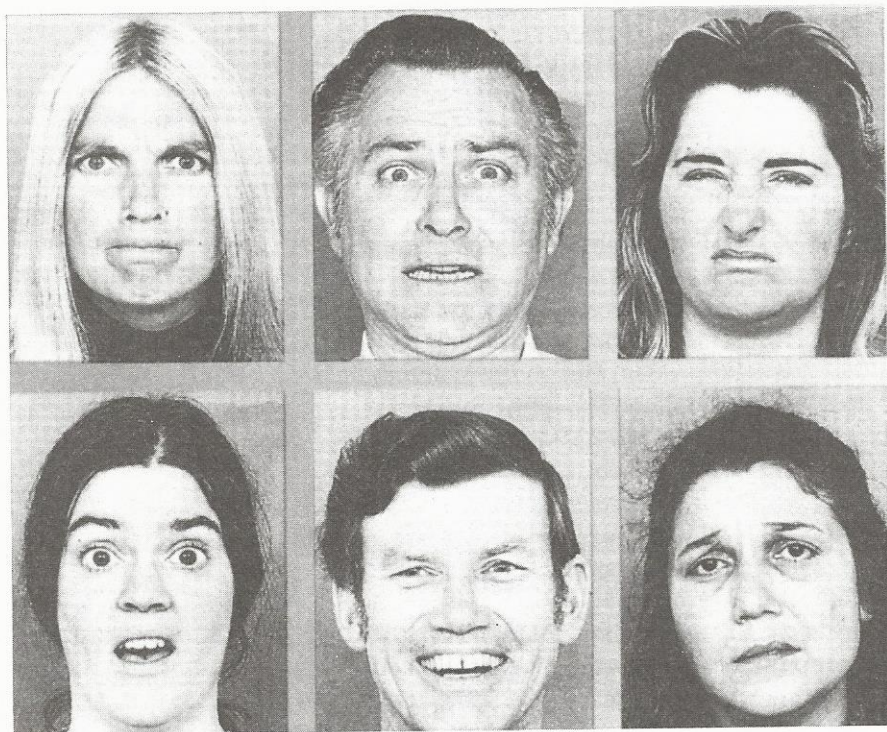


Figura 3: Expresiones faciales de las emociones. Estas fotografías fueron utilizadas por Paul Ekman entre 1960 y 1970 en sus estudios pioneros sobre las emociones. A los participantes del estudio se les pedía que observaran las fotos y las asociaran a una de las seis emociones que figuraban en la lista. En muchas regiones del mundo, los participantes asociaban las mismas expresiones faciales a las mismas emociones, lo que sugería que la expresión de una emoción básica es independiente de la edad, el género y la cultura. De izquierda a derecha, las emociones son ira, miedo (representado por el propio Ekman), asco, sorpresa, alegría y tristeza.

Las emociones primarias normalmente se describen como procesos neurofisiológicos específicos y precodificados, determinados genéticamente y que han evolucionado como una respuesta adaptativa específica a estímulos ambientales importantes. Para demostrarlo, Paul Ekman y sus colegas diseñaron un experimento

parecido al que llevó a cabo Darwin, pero mucho más controlado. En él se enseñaba a los participantes una serie de fotografías en las que unos actores adoptaban las expresiones faciales características de las diversas emociones (véase la figura 3), y se les pedía que relacionaran cada imagen con una de las seis emociones propuestas (ira, alegría, miedo, sorpresa, asco y tristeza). Las respuestas alcanzaron un grado de adecuación muy alto y un elevadísimo consenso en la atribución de emociones a las fotografías. Cuando más adelante repitieron el experimento con participantes de otras culturas (con personas de Nueva Guinea, Borneo, Brasil y Japón), se encontraron con respuestas muy parecidas respecto a la alegría y la ira, y un poco menos coherentes acerca de las demás emociones.

Estas observaciones los llevaron a concluir que las seis emociones básicas se reconocen universalmente con independencia de la edad, del hecho de ser hombre o mujer y de la cultura a la que uno pertenece. Los resultados de estos estudios fueron tan prometedores que Ekman y Friesen decidieron comprobar los músculos faciales que se contraen o se relajan como respuesta a cada emoción concreta y desarrollar un código (Facial Action Coding System, FACS) que tanto la policía como las empresas de seguridad siguen utilizando para formar a expertos que puedan reconocer las intenciones de las personas a partir de sus expresiones.

Sin embargo, la identificación de las mencionadas seis emociones básicas y universales no generó unanimidad: algunos ponían en duda su existencia mientras que otros cuestionaban su número. De hecho, el propio Ekman ha llegado a afirmar recientemente que todas las emociones serían primarias. En cualquier caso, aunque los principales expertos en el estudio de las emociones han propuesto clasificaciones alternativas, con mayor o menor respaldo experimental, todas ellas comparten un núcleo de emociones primarias, que son el miedo, la ira, la tristeza y la alegría (véase la tabla 2, en la pág. 34).

Facial Action Coding System (FACS)

El Sistema de Codificación de las Expresiones Faciales es un instrumento de investigación muy útil cuyo objetivo es registrar cada posible expresión facial que un humano puede mostrar a través de la identificación anatómica de todos los músculos que la determinan. Cada componente de un movimiento facial observable se denomina Unidad de Acción (*Action Unit* o AU) y cada expresión facial puede descomponerse en las diferentes AU que la constituyen.

El rostro transmite información a través de cuatro tipos de señales: estáticas, lentas, artificiales y rápidas. Las estáticas están representadas por las connotaciones propias del rostro, como la estructura de los huesos y el tejido subcutáneo que le dan forma. Las señales lentas están constituidas por los cambios que sufre el rostro a lo largo del tiempo, como las arrugas y la luminosidad de la piel. Las señales artificiales, por el contrario, son todas aquellas no propias del rostro, como el maquillaje y las gafas. Por último, las señales rápidas son aquellas que al modificar la contracción de los músculos faciales determinan sus expresiones.

Por lo tanto, para estudiar las emociones se analizan las señales rápidas que hacen cambiar la forma de los ojos, las cejas, la boca y los labios. Las señales rápidas son movimientos que normalmente tienen una duración breve, entre las 250 milésimas de segundo y los cinco segundos.

El manual FACS, publicado por primera vez por Ekman y Friesen en 1978, describe todos los criterios necesarios para observar y codificar cada unidad de activación, y también intenta explicar cómo las diferentes AU aparecen cuando se combinan entre ellas (véase la figura 4). ¡Se calcula que las 44 AU fundamentales dan lugar a aproximadamente 7000 combinaciones posibles!

Entonces, ¿qué son los sentimientos?

El concepto de «emoción» nos remite casi espontáneamente al no muy lejano de «sentimiento». De hecho, en la vida cotidiana no siempre quedan claras las fronteras entre uno y otro, de

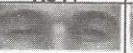
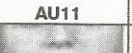
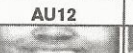
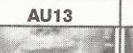
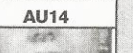
Unidades de acción de la parte superior del rostro					
AU1	AU2	AU4	AU5	AU6	AU7
					
Levantamiento interior de ceja	Levantamiento exterior de ceja	Bajar cejas	Levantamiento del párpado superior	Levantamiento de mejillas	Apretar los párpados
AU41	AU42	AU43	AU44	AU45	AU46
					
Caída de los párpados	Contracción retinal	Ojos cerrados	Recolector retinal	Parpadeo	Guiño
Unidades de acción de la parte inferior del rostro					
AU9	AU10	AU11	AU12	AU13	AU14
					
Arrugar la nariz	Levantamiento del labio superior	Profundidad nasolabial	Estiramiento labial esquinal	Estiramiento labial frontal	Hoyuelo facial
AU15	AU16	AU17	AU18	AU20	AU22
					
Depresión labial esquinal	Depresión labial frontal	Barbilla levantada	Arruga labial	Labios apretados	Embudo labial
AU23	AU24	*AU25	*AU26	*AU27	AU28
					
Apretar los labios	Presionar los labios	Labios separados	Caída de mandíbula	Estiramiento de la boca	Succionar los labios

Figura 4: Expresiones faciales. Las personas que deben instruirse en el reconocimiento de las expresiones faciales acostumbran a leer el manual FACS y a ver vídeos e imágenes durante un promedio de 50-100 horas.

modo que a menudo hablamos de ellos casi como si fueran sinónimos. Por lo tanto, sería de esperar que, tras la definición y el análisis de las emociones, la neurociencia afectiva se hubiera ocupado de los sentimientos, pero por desgracia su tratamiento presenta algunas dificultades que se añaden a las propias

Tomkins	Ekman (primera fase)	Plutchik	Izard	Panksepp	Damásio
Miedo-terror	Miedo	Miedo	Miedo	Miedo	Miedo
Ira-rabia	Ira	Ira	Ira	Ira	Ira
Sufrimiento- angustia	Tristeza	Tristeza	Tristeza	Pánico/pena	Tristeza
Placer- alegría	Felicidad	Alegría	Alegría	Alegría	Alegría
Sorpresa- alerta	Sorpresa	Sorpresa			Sorpresa
Asco	Asco	Asco	Asco		Asco
Interés- emoción		Intuición	Interés	Búsqueda	
Vergüenza- humillación		Confianza	Vergüenza		
Repugnancia					
			Amor y apego	Atención	
			Desprecio	Lujuria	

Tabla 2: Emociones de base según los principales teóricos. Silvan Tomkins identificó seis emociones de base utilizando dos términos, el primero más moderado y el segundo más intenso, pero posteriormente añadió otras a la lista. Del mismo modo, Ekman identificó primero seis emociones y en 1994 afirmó que todas las emociones son primarias. Debe observarse que en todos los casos aparecen el miedo, la ira, la tristeza y la alegría. FUENTE: Información adaptada de E. Johnston y L. Olson, *The Feeling Brain*, 2015.

del estudio de las emociones. En el caso de los sentimientos, la dimensión personal tiene una relevancia aún mayor, como superior es también la influencia del contexto, mientras que las manifestaciones objetivas (los cambios fisiológicos, motores y cognitivos) son menos claras. Todo ello complica la tarea de formular una definición científica de sentimiento que resulte válida y ampliamente compartida.

Uno de los intentos más importantes fue el de António Damásio, quien, como Ekman, distingue entre emociones primarias y secundarias. Las primeras se definen como «programas de acción complejos y en buena medida automáticos, establecidos por la evolución; [...] en buena medida, se trata de un universo de acciones que se ejecutan en el cuerpo y que van desde las expresiones faciales y las diferentes posturas hasta las modificaciones que afectan a las vísceras y el medio interno». Por el contrario, las emociones secundarias son emociones «comportamentales» o «sociales», que surgen de la combinación de las emociones primarias y que se desarrollan con el crecimiento del individuo y con la interacción social. La envidia, la vergüenza, el ansia, la resignación, los celos, la esperanza, la nostalgia, el remordimiento y la decepción son algunas de las emociones secundarias. Es fácil comprobar que las emociones de este tipo están condicionadas por el entorno cultural o por las vivencias de la persona; mientras que todo el mundo siente miedo al ver un oso, aunque sea en diferentes grados, no necesariamente todas las personas experimentan vergüenza o celos ante un mismo estímulo.

Tras identificar las distintas clases de emociones, Damásio pasa a proponer un criterio para distinguir estas últimas de los sentimientos, que, en su opinión, de ningún modo coinciden con las emociones, sino que se añaden a ellas y permiten «sentirlas» de una forma consciente. Así pues, en un primer nivel encontramos las emociones primarias, que constituyen una respuesta rápida y automática, innata, aunque no totalmente específica del estímulo que las ha producido. En un nivel de mayor complejidad se hallan las emociones secundarias, que como las primarias también son automáticas e inconscientes, pero que en cambio no son innatas. Tanto en un caso como en el otro, las personas que nos rodean perciben fácilmente nuestras emociones con solo

prestar atención a nuestras expresiones faciales. Resulta un poco más difícil entender qué son los sentimientos. Como las emociones, los sentimientos están vinculados a una sensación corporal generada por una activación nerviosa, pero su componente mental, en vez de centrarse en la valoración del estímulo, se centra en la reelaboración de las imágenes, las experiencias, los hechos y los pensamientos que alimentan y sostienen una emoción. En este sentido, se puede decir que la depresión es un sentimiento más que una emoción: una mentalización de la emoción (tristeza), consciente y razonada. Por ello, las emociones duran relativamente poco, mientras que los sentimientos pueden persistir durante mucho tiempo; por el mismo motivo, los niños experimentan muchas emociones, pero no tienen verdaderos sentimientos hasta que su corteza cerebral no ha alcanzado el punto de desarrollo que les permite una conciencia de esas emociones. En resumen, el sentimiento sería una representación mental del estado en que se halla el cuerpo, mientras que la emoción es la reacción al estímulo y el comportamiento asociado.

A pesar de la aparente simetría entre emoción y sentimiento, según Damásio, todas las emociones generan sentimientos, pero no todos los sentimientos nacen de las emociones. Habla así de sentimientos derivados de emociones de base y de otros derivados de emociones secundarias, pero también de «sentimientos de fondo», como por ejemplo el sentido general en que se encuentra nuestro cuerpo. Aunque la mayoría de las veces tales sentimientos son inconscientes, en realidad representarían el sentimiento de la propia vida. Para ilustrar su importancia, Damásio se sirve de la anosognosia, una patología característica de pacientes con daños neurológicos que sin embargo no son conscientes de sus déficits funcionales. Sería el caso de pacientes que no se dan cuenta de que están paralizados, aunque reconozcan que sus

extremidades izquierdas no se mueven; que no consiguen imaginar las consecuencias de su situación médica y que tampoco se preocupan por su futuro; pacientes cuyo estado emocional está frenado o es casi inexistente y cuyos sentimientos son totalmente planos.

Curiosamente, la lesión cerebral de estos pacientes se encuentra en el hemisferio cerebral derecho y compromete seriamente el intercambio de información entre las regiones del cerebro que participan en la cartografía del estado del cuerpo. Los anógnósticos no consiguen poner al día la representación de su cuerpo y, por lo tanto, no logran reconocer de manera rápida y automática, a través de su sistema somático-sensorial, que la realidad de su «paisaje corporal» ha cambiado. Probablemente pueden formar en su mente una idea de lo que era antes su cuerpo, un cuerpo que funcionaba bien, y esta es la opinión que tienen del mismo. Pero lo que resulta más sorprendente es que la falta de señales correctas sobre el estado del cuerpo no conduce solo a informaciones sin sentido acerca del sistema motor, sino también a emociones y sentimientos que no se corresponden con el propio estado de salud. Los pacientes recuerdan quiénes son, dónde viven y trabajan y quiénes son sus amigos, sin embargo, no parece preocuparles lo más mínimo su condición física, aunque se vean obligados a razonar y reconocer sus propios límites.

Es famoso el caso de William O. Douglas, juez del Tribunal Supremo de Estados Unidos, que fue víctima de un ictus en el hemisferio cerebral derecho que le paralizó toda la parte izquierda

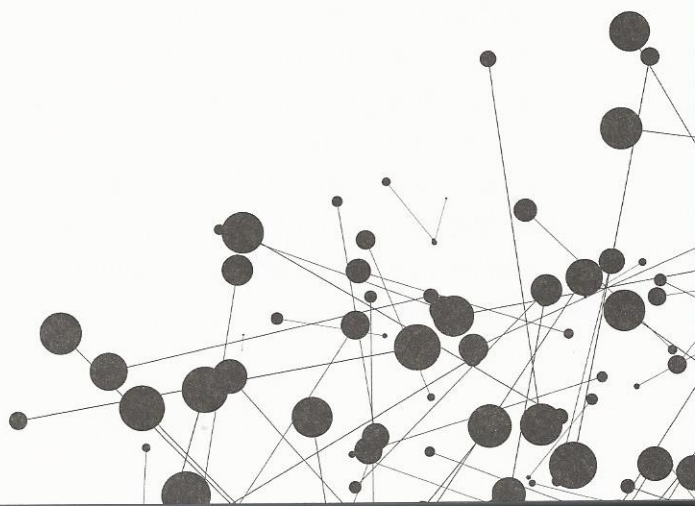


Figura 5: Emociones primarias y secundarias. El neurólogo portugués António Damásio logró identificar distintas clases de emociones.

del cuerpo y sufrió anosognosia. Aunque su médico le sugirió que permaneciera en el hospital unos días después del ictus, él no le hizo caso y regresó inmediatamente al trabajo. No solo era totalmente inconsciente de sus limitaciones físicas, sino que también había perdido todas las habilidades que requería su cargo: su capacidad de juicio y de tomar decisiones había quedado totalmente comprometida.

Damásio sostiene que el individuo puede sentir emociones secundarias después de comenzar a experimentar sentimientos y de «crear conexiones sistemáticas entre categorías de objetos y situaciones, por un lado, y emociones primarias, por el otro». Podríamos decir que las emociones secundarias son el resultado de la interacción entre las emociones primarias y las normas sociales. Desde el punto de vista de las estructuras nerviosas implicadas en el proceso, ello significa que el sistema límbico ya no basta para gestionar la situación, y entran en juego la corteza sensorial y la prefrontal. Ahora ha llegado el momento de entender dónde están y qué realizan estas partes del cerebro.

(CASI) TODO ESTÁ EN LA CABEZA



Durante el ya lejano verano de 1848 se produjo un desgraciado accidente que iba a revolucionar los conceptos de mente, personalidad y emociones. Phineas P. Gage era un muchacho de veinticinco años que trabajaba para los ferrocarriles Rutland & Burlington de Nueva Inglaterra, en Estados Unidos. Gozaba de buena salud, estaba fuerte y tenía sólidos principios morales: tras años de trabajo se había ganado la merecida confianza de su superior, que lo consideraba el hombre más eficiente y capaz de los que tenía a su servicio. Por ello, le asignó una cuadrilla de hombres, bastante numerosa, con la tarea de construir la nueva línea ferroviaria que debía cruzar el estado de Vermont. El trabajo no era nada fácil, ya que el trayecto estaba lleno de baches, desfiladeros y rocas. Pero Gage y sus hombres no solo estaban dispuestos a cumplir con su deber, sino que también querían hacerlo lo mejor posible. Habían decidido tender la línea férrea por el trayecto más rectilíneo posible, para lo que tendrían que volar con explosivos las rocas que obstaculizaban el recorrido. Se trataba de una operación muy delicada y debía realizarse siguiendo unos pasos determinados con una enorme concentración y meticulosidad. Primero había que perforar las rocas, rellenar los huecos con pólvora aproximadamente hasta la mitad, introducir una mecha y terminar de llenar los agujeros con arena. A continuación se aplanaba la arena dando una precisa secuencia de golpes con una barra de hierro y, en último lugar, se prendía la mecha. Esta era la

única manera de que la pólvora explotara hacia el interior de la roca y la desintegrara, y así poder nivelar el terreno. Gage era todo un experto en estas pequeñas explosiones: encargaba que le hicieran las barras a medida, con la longitud y el diámetro necesarios, según sus propias instrucciones, y siempre lograba su objetivo con una destreza increíble.

Pero una fatídica tarde de aquel verano, algo salió mal. Gage acababa de meter la pólvora y la mecha en el agujero de una roca y se volvió un momento hacia uno de sus hombres para decirle que lo rellenara por completo de arena. Alguien lo llamó y lo distrajo en medio de aquella operación tan arriesgada, de modo que cuando se giró estaba convencido de que ya habían colocado la arena y empezó a golpear con la barra. En cuestión de segundos se produjo una estruendosa explosión, que alcanzó a Phineas de lleno en la cara. Toda la cuadrilla se quedó desconcertada y en silencio: el ruido no había sido el habitual. En cuanto fueron conscientes de que algo había salido mal, se acercaron enseguida para ver qué había sucedido y se encontraron frente a un espectáculo dantesco. Su jefe y amigo, el siempre sensato Gage, estaba tendido en el suelo; la barra de hierro con la que solía allanar la arena del agujero le había perforado la mejilla izquierda, le había atravesado totalmente la órbita ocular de ese mismo lado y había salido, como si de un proyectil se tratara, por la parte frontal y superior del cráneo para acabar cayendo a treinta metros de distancia.

Aun así, Gage estaba consciente, aturdido pero despierto, y fue capaz de llegar por su propio pie a la consulta del médico más cercano, el doctor John Harlow. Lo más sorprendente para todos era que había sobrevivido a la explosión y que, después de que una afilada barra de cinco kilos y medio le hubiese atravesado el cerebro, parecía estar bien, a pesar de que, según los testimonios de la época, por la herida se veían las «palpitaciones del cerebro».

Un Phineas Gage moderno

Pese a su más que merecida popularidad, el caso de Phineas Gage no ha sido el único. Ha habido otros pacientes, además de él, que han mostrado alteraciones similares en el comportamiento debidas a lesiones en la corteza prefrontal. Uno de los investigadores que más atención les ha dedicado es el neurólogo António Damásio, que mientras realizaba sus estudios encontró un caso muy parecido, tanto que Damásio llamó al paciente «el Phineas Gage moderno». Si se lee la descripción que hace de él en su libro *El error de Descartes*,² redescubrimos a Phineas Gage tal como era tras el accidente: frío, despreocupado, imperturbable, incoherente, irreverente e irresponsable.

Elliot (nombre con el que se conoce al paciente) padecía terribles dolores de cabeza y tenía problemas de concentración como consecuencia de un meningioma benigno (un tumor en las membranas que envuelven el cerebro) que le comprimía el lóbulo frontal. Durante la operación quirúrgica necesaria para la extirpación del tumor, los médicos vieron que una parte de la corteza prefrontal había resultado dañada de forma irreversible. La lesión en esta región había provocado un cambio en la personalidad de Elliot equivalente al experimentado por Phineas un siglo antes. Pero el hecho de que Elliot estuviese vivo y hubiese nacido tantos años después fue una ventaja para el desarrollo de la neurociencia afectiva.

Las técnicas de *imaging* permitieron localizar la lesión con absoluta precisión. Elliot tenía daños en el lóbulo frontal de ambos hemisferios, aunque en mayor medida en el derecho. Las regiones motora y premotora del lóbulo frontal estaban intactas y por eso no tenía problemas para caminar, e igualmente ilesas estaban las regiones frontales que permitían el lenguaje. En todos los tests cognitivos obtenía muy buenos resultados. Después de numerosas pruebas, Damásio se percató de algo decisivo: la frialdad e indiferencia con la que Elliot afrontaba su vida era el indicio de un defecto en la elaboración de las emociones. Nunca sentía tristeza, ni alegría, ni empatía, ni siquiera rabia. ¡Elliot ya no sabía sentir emociones! Basándose en este y en otros casos, Damásio desarrolló la teoría del marcador somático, de la que nos ocuparemos más adelante con mayor detalle.

² Damásio, António, *El error de Descartes: la emoción, la razón y el cerebro humano*, Destino, Barcelona, 2011.

De hecho, Gage le explicó al médico cómo había ocurrido todo sin dificultades, de forma racional y lógica, tanto que el doctor Harlow dejó de hacer preguntas a los hombres que habían presenciado lo sucedido para dirigirse únicamente a él. Gage podía sentir y ver, y no mostraba ningún indicio de parálisis. Había perdido un poco de visión en el ojo izquierdo, pero la del derecho estaba intacta. Caminaba perfectamente, hablaba con fluidez y sus manos conservaban la habilidad que tenían antes. En los quince días siguientes, mientras los periódicos celebraban el milagro, Gage fue víctima de una fuerte infección, pero consiguió dejarla atrás sin la ayuda de antibióticos y con un rudimentario sistema de drenaje.

Sin embargo, a medida que iban pasando los días, Gage dejó de ser el de siempre. El hombre responsable, maduro, prévisor y digno de confianza se había convertido en otro hombre, uno blasfemo, irreverente e incapaz de controlar sus impulsos más primarios y de respetar las normas. Las mujeres lo evitaban a conciencia por el lenguaje soez con que se dirigía a ellas, y sus empleadores no lo reconocían debido a que se mostraba impulsivo y, sobre todo, incapaz de tomar decisiones acertadas.

No volvió a encontrar un trabajo duradero, pues en todos sus empleos, pasado un tiempo, se veían obligados a despedirlo a causa de su carácter. El accidente había alterado su personalidad de forma profunda e irreversible, y su vida sufrió consecuencias desastrosas. Empezó a frecuentar malas compañías, a beber y a despilfarrar el poco dinero que a duras penas conseguía ganar. Murió trece años después del accidente por un probable ataque de epilepsia que le provocó convulsiones continuas y muy fuertes.

En aquella época, este triste caso despertó una notable curiosidad. El mismo Harlow, el médico que había atendido a Phineas tras el accidente, entendió que detrás de este episodio se escond-

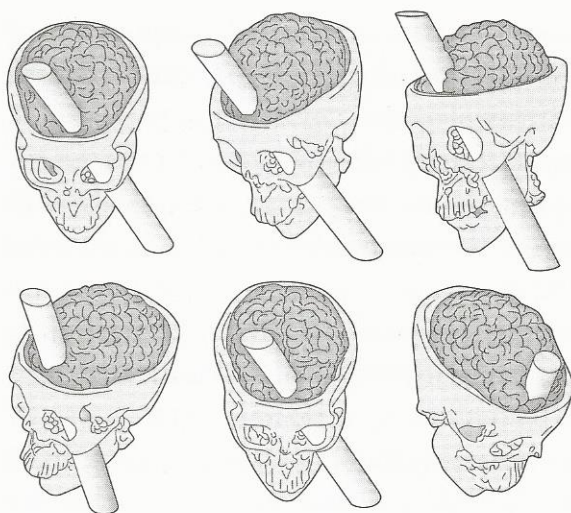


Figura 6: El caso de Phineas Gage. Reconstrucción del cráneo de Gage con la probable trayectoria de la barra de hierro. Como se puede observar, la barra de hierro produjo una lesión del lóbulo frontal de ambos hemisferios.

día algo con un enorme potencial revolucionario. John Harlow no fue informado de la muerte de Phineas, de modo que no pudo realizar la autopsia del cadáver y estudiar su cerebro, pero cuando tuvo noticia del fallecimiento le pidió a la hermana de Gage que exhumara el cadáver para examinar el cráneo. Desde entonces, el cráneo y la barra de hierro que lo atravesó se conservan en el Museo Anatómico Warren de la Facultad de Medicina de Harvard, en Boston.

Más de un siglo después, Hanna Damásio, intrigada por este caso, sintió la necesidad de investigar lo sucedido. Gracias a los progresos técnicos en el campo de la neurociencia y de la neuroanatomía, consiguió reconstruir la trayectoria que con más probabilidad siguió la barra e identificó una lesión en la cavidad orbitaria frontal, justo por encima de las cavidades orbitarias en el lóbulo frontal de ambos hemisferios (véase la figura 6).

Estos estudios confirmaron de manera definitiva que la lesión sufrida por Gage había afectado a su capacidad de planificar el

futuro y de comportarse según las convenciones sociales aprendidas, lo cual comprometió su facultad de tomar las decisiones más adecuadas para su supervivencia.

Como intuyó Harlow, el caso de Phineas representó un auténtico hito en la comprensión de toda una serie de capacidades «racionales», «morales» o «espirituales» que hasta entonces siempre se habían atribuido a alguna entidad inmaterial, fuera el espíritu, fuera la personalidad, fuera la razón. En particular, lo que le sucedió a Phineas demostraba que existía una parte del cerebro dedicada principalmente al razonamiento y a su dimensión social. Y, de forma más general, ponía de manifiesto el hecho de que la personalidad de un individuo, su sentido ético y moral y el de la responsabilidad, podía cambiar por completo después de una lesión cerebral. No había duda de que todo, o casi todo, estaba en la cabeza.

El hecho de tomar conciencia de que existía una relación entre los estados mentales y su correspondiente sustrato anatómico fue decisivo para el desarrollo de la neurociencia y permitió su tratamiento científico. En el caso de las emociones, marcó las dos direcciones que debía seguir la investigación para llegar a una adecuada comprensión del objeto de estudio. Por una parte, era preciso identificar los mecanismos a través de los cuales se generan las emociones y explicar su aparición desde un punto de vista anatómico. Esta sería la dimensión dinámica de la emoción. Por la otra, había que ofrecer una fotografía estática de las principales «sedes» de las emociones. En resumen: ver cómo se manifiestan y dónde se encuentran las emociones.

Empezaremos por abordar la primera cuestión siguiendo el recorrido histórico que lleva desde las teorías de William James hasta la hipótesis del marcador somático planteada por António Damásio. Luego pasaremos al mapeo estático de las emociones,

presentando de forma breve los dos modelos principales de «cartografía» neuroanatómica. No hay duda de que las descripciones anatómicas son un tema espinoso y repleto de terminología técnica, pero como nos enseñó (muy a su pesar) nuestro estimado Phineas, debería quedarnos claro que no podremos entender las emociones si no nos adentramos en el cerebro humano.

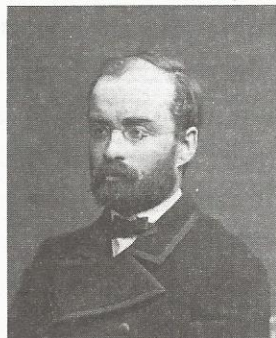
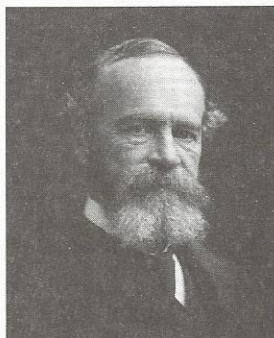
¿Cómo brotan las emociones?

El filósofo, psicólogo y educador estadounidense William James fue el primero en abordar científicamente la cuestión del origen de las emociones, motivo por el que se lo considera, junto a Charles Darwin, uno de los dos padres fundadores de la neurociencia afectiva.

En 1884, tan solo doce años después de la publicación de *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales*, William James publicó un artículo científico titulado «¿Qué es una emoción?», donde no sin cierta polémica negó que el origen directo de las emociones fuera la percepción de un estímulo, tal como se había creído tradicionalmente y parece dictar la intuición. James estaba convencido de que la percepción de un estímulo provoca una respuesta corporal, y es esta (y no el estímulo) la que causa la emoción. Para ilustrar su teoría James se sirvió de un famoso ejemplo que resulta útil para comprender su modelo, así que lo mejor será que recurramos a él. Si nos encontramos con un oso en un bosque, la secuencia temporal de nuestras reacciones no es la que creemos que es (nos asustamos y entonces corremos), sino justamente la contraria. Tras ver al oso, nos ponemos a correr para huir lo más lejos posible, y es la experiencia de los cambios corporales resultado de esta acción (el latido acelerado del corazón,

Figura 7: La teoría de las emociones de James-Lange. William

James y Carl Lange coincidían, con algunas diferencias, en que es la percepción de un estímulo la que provoca una respuesta corporal y la causante de la emoción.



el incremento en la frecuencia respiratoria, la sudoración, etcétera) lo que constituye la emoción del miedo. En otras palabras, no es el oso el que provoca el miedo, sino la carrera: entre el estímulo y las emociones estarían las manifestaciones corporales.

James insistía en que, al contrario de lo que parece indicar nuestra experiencia cotidiana, «nos sentimos tristes porque lloramos, enfadados porque atacamos y asustados porque temblamos». Incluso afirmaba categóricamente que no es posible sentir emociones sin las correspondientes respuestas corporales. Estaba tan convencido de ello que afirmaba que el miedo abrumador provocado por un ataque de pánico se puede controlar si se consiguen dominar todas las reacciones corporales asociadas al mismo. Sin embargo, no nos consta que su teoría le sirviese para superar los graves ataques de pánico y la depresión que sufría. A pesar del aparente reduccionismo de esta tesis, no fue James el único en defenderla. El fisiólogo danés Carl Lange (1834-1900) llegó a conclusiones similares, aunque otorgaba casi todo el protagonismo en la génesis de las emociones a las reacciones cardiovasculares.

A pesar de que en su momento estos puntos de vista contaran con un escaso apoyo experimental, la teoría de las emociones de

James-Lange tuvo una repercusión científica considerable, que fue diluyéndose años más tarde como consecuencia de la aparición de otras teorías.

La teoría de las emociones de James-Lange fue rebatida en 1927 por el fisiólogo estadounidense Walter Cannon (1871-1945) en un artículo titulado «La teoría de las emociones de James-Lange: un examen crítico y una teoría alternativa». En él, Cannon se servía de las evidencias experimentales logradas en aquellos años por diversos científicos, en especial de los estudios realizados por el fisiólogo inglés Charles Scott Sherrington (1857-1952), ganador del premio Nobel. Sherrington había demostrado de forma clara que si se les cortaba el nervio vago, que conecta el cerebro con diversos órganos internos (como los bronquios, el corazón, el estómago, etcétera), los animales perdían la capacidad de reconocer los estímulos vinculados a los órganos internos, pero no por ello dejaban de expresar emociones. Cannon repitió el experimento con gatos y logró resultados similares a los obtenidos por Sherrington, lo cual lo llevó a la conclusión de que la expresión de las emociones no dependía de la percepción de cambios corporales, como pensaba James. Además, en su opinión, el sistema nervioso autónomo y las reacciones corporales que dependían de él eran demasiado lentos y poco específicos para explicar la generación y la diversidad de las emociones, y así lo demuestra el hecho de que podamos sentir un agujero en el estómago tanto si estamos muy tristes como si estamos enamorados.

Tras poner de manifiesto que las emociones continuaban produciéndose aunque no se experimentaran reacciones corporales, Cannon se ocupó de probar que la relación en sentido contrario tampoco era cierta: es decir, que las reacciones corporales por sí solas no generaban necesariamente una emoción. En esta ocasión se valió de los estudios realizados por el médico español Gregorio

Marañón (1887-1960), uno de los primeros investigadores que inyectaron adrenalina en sujetos sanos para observar sus reacciones emocionales. Como el lector quizá sepa, la adrenalina es una sustancia liberada normalmente en el flujo sanguíneo por el sistema autónomo simpático, que es capaz de activar rápidamente la serie de reacciones corporales que se experimentan al sentir emociones intensas. Sería la responsable, por ejemplo, de desencadenar la reacción llamada *fight or flight* ('lucha o huida'), según la expresión acuñada precisamente por Cannon para referirse a la respuesta fisiológica de los seres vivos frente a un peligro que amenaza su supervivencia. Pues bien, a pesar del aumento de la frecuencia cardíaca y del consumo de oxígeno, la disminución del cansancio, el incremento de la presión arterial y de las capacidades musculares y la inhibición de las funciones intestinales, los individuos expuestos al experimento no sintieron ninguna emoción. Había respuesta fisiológica, pero no emociones. Eso sí, si a los mismos sujetos se les pedía que pensaran en situaciones con una fuerte carga emocional, como la muerte de un familiar o la enfermedad de un niño pequeño, entonces sí que la adrenalina contribuía a incrementar de forma muy notable la intensidad de la emoción.

Convencido ya de la existencia de circuitos cerebrales específicos responsables de la aparición de las emociones, Cannon siguió investigando, junto a su estrecho colaborador Philip Bard (1898-1977), para identificarlos y así poder proponer una teoría alternativa a la de James-Lange.

En efecto, si, como afirmaban James y Lange, las emociones eran el resultado de cambios corporales, estas dependerían exclusivamente de la región del cerebro capaz de generarlas, es decir, de la corteza cerebral. Sin embargo, las investigaciones realizadas con gatos indicaban justamente lo contrario. Aquellos gatos a los que se les había extirpado la corteza cerebral no

solo seguían mostrando reacciones emocionales, sino que incluso lo hacían de forma más incontrolada: tras la intervención, los felinos manifestaban una ira que los investigadores bautizaron como «falsa», ya que se activaba incluso ante estímulos tan inofensivos como el simple hecho de rozarles la cola. La génesis de las emociones debía producirse, por consiguiente, en estructuras subcorticales, como el tálamo y el hipotálamo, mientras que su elaboración y control era responsabilidad de la corteza cerebral. De acuerdo con la nueva teoría propuesta por Cannon y Bard, en el tálamo se daría color y tono emocional a las sensaciones (percepción de la emoción más cerebral que física), el hipotálamo sería el responsable de las respuestas físicas a los estímulos (sudoración, ritmo de la respiración, frecuencia cardíaca, etcétera), las cuales serían, por último, inhibidas o controladas en cierta medida por la corteza cerebral, la región evolutivamente más reciente de las tres.

La principal contribución de la teoría de Cannon-Bard es que orientó la investigación científica hacia la búsqueda de los mecanismos cerebrales vinculados a la aparición y expresión de las emociones, mientras que desde el punto de vista metodológico, se sirvió de dos herramientas que desde entonces son moneda común en la investigación neurológica: los estudios experimentales con animales, cuyas emociones son homólogas a las humanas, como había propuesto Darwin, y la observación de las lesiones cerebrales y sus consecuencias.

Como contrapartida, los ejemplos propuestos para explicar las diferentes teorías se basaban fundamentalmente en reacciones instintivas que activaban vías cerebrales innatas, lo que equivaldría a que un determinado estímulo fuese la llave que abre la puerta de una emoción en concreto. Como consecuencia de ello, quedaban fuera del alcance de la teoría toda una serie de fenómenos

emocionales no menos frecuentes. Para empezar, hay ciertos tipos de emociones desencadenadas por estímulos que no son fácilmente identificables: a nadie le sorprende la relación entre oír un ruido desconocido en plena noche y la emoción del miedo, en cambio es menos fácil de comprender la misma reacción de miedo ante un hecho tan cotidiano como conocer a nuevas personas, cosa que les ocurre a determinados individuos. En este caso, no existe un automatismo que relacione el estímulo y la emoción, sino que el vínculo entre el uno y la otra probablemente dependa de experiencias vividas en la infancia o de algunas características conductuales propias del sujeto que siente miedo. Además, la teoría de Cannon-Bard no explica las diferencias en la intensidad de la emoción que un mismo estímulo provoca: ¿por qué el mismo ruido nocturno genera más miedo en algunos sujetos que en otros?

Esta pregunta crucial para la neurociencia afectiva no halló respuesta hasta la llegada de la «revolución cognitiva» de mediados del siglo xx, cuando la psicóloga americana Magda Arnold (1903-2002) propuso el concepto de *appraisal*, es decir, 'evaluación', como primer paso en la elaboración de las emociones. Se trata de un proceso cognitivo por el cual se identifica el estímulo y su significado, y que actúa como filtro entre el estímulo y la activación o no de un programa emocional. Dicho de otra forma, entre las reacciones fisiológicas y la emoción hay un proceso de evaluación cognitiva del entorno y del contexto social en que se producen las reacciones. Para ilustrarlo vamos a recuperar el ejemplo anterior sobre los ruidos nocturnos. Como decíamos antes, en circunstancias «normales» a nadie le extrañará si un ruido inesperado provoca en nosotros una reacción de miedo y hace que nos despertemos sobresaltados. Pero si sabemos que, noche tras noche, bajo la ventana de nuestro dormitorio los

operarios de la recogida de basura vacían los contenedores de vidrio en el camión, es igual de probable que el alboroto resultante no despierte en nosotros ninguna emoción. El estímulo es el mismo, pero entre el estímulo y la emoción se inserta una evaluación cognitiva que activa, o no, la emoción.

La demostración experimental de esta teoría llegó en 1962 de la mano de los psicólogos Stanley Schachter (1922-1997) y Jerome Singer (1934-2010), quienes en sus estudios también recurrieron a las inyecciones de adrenalina para desencadenar reacciones en el sistema nervioso simpático, como había hecho años antes Gregorio Marañón. En este caso, los participantes en el estudio estaban distribuidos en tres grupos, a los cuales se proporcionaban diferentes datos: a los sujetos del primer grupo se les detallaban los efectos de la sustancia que se les había inyectado (sudoración, incremento de la presión sanguínea y del ritmo cardíaco...), a los del segundo se les facilitaba una explicación falsa, y, por último, los del tercer grupo no recibían ninguna explicación. En cada grupo se había infiltrado un «cómplice» de los investigadores, un actor debidamente instruido que en ocasiones se mostraba eufórico y otras, iracundo.

El resultado del experimento reveló que los individuos correctamente informados sobre los efectos de la adrenalina en el sistema nervioso simpático fueron los únicos a los que no les influyeron las reacciones del actor. Por el contrario, los participantes informados erróneamente o sin ninguna información parecían interpretar sus emociones según las del actor: cuando él se había mostrado feliz, atribuían sus respuestas corporales a la emoción de la alegría, mientras que cuando había representado la emoción de la ira, ellos también se sentían enfadados.

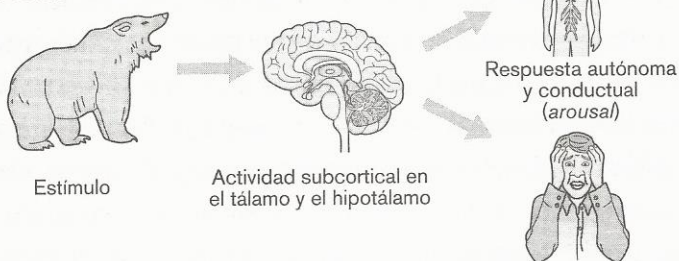
Este experimento demostraba que a pesar de que las respuestas fisiológicas sean idénticas, los individuos pueden sentir emociones

TEORÍA DE LAS EMOCIONES

James-Lange



Cannon-Bard



Schachter-Singer

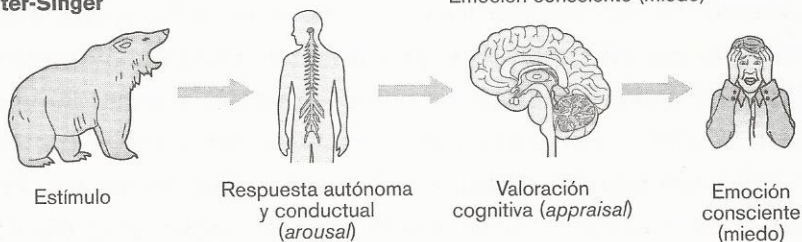


Figura 8: Teoría de las emociones. Según la teoría de James-Lange, las emociones serían una percepción de las reacciones corporales provocadas por un estímulo. Según la teoría de Cannon-Bard, un estímulo activaría el tálamo y el hipotálamo y como consecuencia produciría respuestas del sistema nervioso autónomo y las emociones. La teoría de Schachter-Singer establece que las emociones son el resultado de las reacciones corporales pero también de la evaluación cognitiva del estímulo, lo que explicaría que, si el oso que vemos se encuentra entre barrotes, no se active ninguna respuesta emocional.

distintas según la interpretación que hagan de ellas. A diferencia de Cannon, Schachter y Singer no consideraban que las reacciones corporales y la experiencia de la emoción fueran independientes entre sí, pero tampoco que las primeras fueran la causa de la segunda, tal como habían postulado James y Lange. Según este modelo, la experiencia de la emoción depende tanto de los cambios fisiológicos como de la interpretación que realice el sujeto de los eventos (véase la figura 8). La teoría de Schachter y Singer fue denominada por este motivo la teoría de los dos factores, *arousal* y *appraisal*, ya que se consideró que este último podía tener en cuenta también las reacciones de las demás personas, es decir, que las emociones pueden ser sustancialmente influenciadas por el contexto social.

La teoría de Schachter y Singer tuvo el mérito indiscutible de integrar los aspectos cognitivos en el estudio de las emociones. Pero aunque más completa que las anteriores, la teoría seguía sin explicar el amplio abanico de emociones posibles, sobre todo en situaciones más naturales que aquellas inducidas por la adrenalina.

Habría que esperar a la publicación de la obra de António Damásio *El error de Descartes*, en la que por fin se entienden las emociones como el resultado de la actividad sinérgica del sistema integrado mente-cerebro y del cuerpo. Habida cuenta de la importancia de esta teoría, vale la pena detenerse para tratarla con mayor detalle.

La hipótesis del marcador somático de António Damásio

Como el lector sin duda sabrá, el avión es estadísticamente el medio de transporte más seguro. Sin embargo, hay personas que evitan a toda costa viajar en este medio a pesar de conocer las estadísticas

y estar convencidas racionalmente de que reflejan la realidad. En no pocos casos se trata de personas que han experimentado algún episodio de turbulencias particularmente violento, o que han sufrido un aterrizaje de emergencia, y estas circunstancias vuelven a su mente cada vez que surge la posibilidad de hacer un viaje en avión. Entonces lo más probable es que sientan que se les encoje el estómago, y que perciban la idea de volar como mala o peligrosa, razón por la cual acabarán buscando una alternativa por mar o tierra para realizar el trayecto. De ser así, se trataría de una decisión marcada por la emocionalidad y no por la racionalidad: si bien saben racionalmente que el avión entraña menos peligros que cualquier otro medio, prefieren descartarlo por un miedo infundado.

Como ya hemos anticipado, fue precisamente António Damásio quien destacó el protagonismo que tienen las emociones, de forma consciente o inconsciente, cuando se trata de tomar decisiones: las sensaciones y los sentimientos provocan cambios fisiológicos en el organismo (de ahí que se emplee el término «somático») que marcan como buenos, malos o neutrales los resultados previstos de una acción (de ahí el término «marcador»), con lo que condicionan nuestra decisión final. Estos marcadores somáticos, que a menudo actúan de forma inconsciente, permitirían agilizar el proceso de tomar decisiones al integrar y recapitular los deseos, los impulsos instintivos y las experiencias pasadas de la persona, con el objetivo primordial de contribuir a la preservación del propio individuo y de su descendencia. Se trata del tipo de decisiones a las que en español llamamos «corazonadas», las que tomamos cuando una sensación somática nos empuja hacia una determinada elección, incluso en contra de lo que la lógica parecería sugerirnos. Un ejemplo paradigmático de esa somatización de las decisiones la encontramos en la película *El verdugo* (1963), de Luis García Berlanga. El protagonista de la historia,

interpretado por Nino Manfredi, es un joven que se enfrenta a un terrible dilema: sustituir o no a su suegro en su puesto de trabajo como verdugo, sabiendo que solo si lo hace podrá conservar el piso de funcionario en el que vive toda la familia. En la escena final, cuando tiene que llevar a cabo su primera ejecución, el pobre Manfredi comienza a encontrarse mal y a vomitar. A pesar de que el cálculo racional lo empujaría a mantener el empleo, sus buenos sentimientos de persona con un correcto desarrollo neurobiológico envían los marcadores somáticos a su sistema gastrointestinal para hacerle rechazar la decisión de acabar con la vida de un semejante. Sin llegar a casos tan extremos como el de un verdugo, los marcadores somáticos podrían ser una de las causas de los lapsus, olvidos y somatizaciones que el psicoanálisis contribuyó a popularizar.

Estos marcadores somáticos funcionan mal en personas con sociopatías o psicopatías, pues se trata de individuos carentes de empatía y que se muestran insensibles a la mayoría de los estímulos que normalmente nos conmueven. Suelen acumular un extenso historial delictivo de robos, asesinatos y violaciones, sin que ello les cause ningún particular sentimiento de culpa. Aunque se estima que representan en torno al 1 % de la población, están sensiblemente sobrerrepresentados en las prisiones: en Estados Unidos se calcula que constituyen el 17 % de la población reclusa.

Otro grupo de personas en las que el funcionamiento de los marcadores somáticos podría ser defectuoso o sencillamente no producirse es el de aquellas que han sufrido una lesión prefrontal, como Phineas Gage o el paciente Elliot, o una lesión bilateral de la amígdala, como la paciente S. M., de la que hablaremos más adelante. Los déficits producidos por estas lesiones explicarían las alteraciones en el proceso normal de toma de decisiones.

El propio Damásio ha llevado a cabo experimentos para comprobar esta hipótesis, utilizando los cambios en la conductancia

de la piel. Si recordamos la definición de emoción que avanzamos en el capítulo anterior, sabremos que uno de sus ingredientes esenciales es la presencia de un cambio objetivo, una modificación que pueda ser observada y en su caso medida. Una de las más habituales es el incremento en la actividad de las glándulas sudoríparas de la piel; se trata de un cambio muy tenue y por lo general indistinguible a simple vista, pero suficiente para modificar la resistencia al paso de una corriente eléctrica (la conductancia), algo que puede medirse con un par de electrodos conectados a la piel y un polígrafo (de hecho, este es el principio que explica el funcionamiento de los famosos detectores de mentiras). En los experimentos de Damásio, se mostraba a una serie de sujetos un conjunto de fotografías, en el que se intercalaban algunas imágenes neutras con otras con un componente emocional manifiesto, como por ejemplo la imagen de un homicidio. Como era de esperar, la visión de las imágenes neutras no provocaba cambios en la conductancia de la piel, pero sí que lo hacían las imágenes perturbadoras, y además de forma bastante clara. Sin embargo, estas diferencias en la conductancia de la piel desaparecían al repetir el estudio con pacientes que sufrían lesiones prefrontales: los sujetos no mostraban respuesta emocional en ninguno de los dos casos, a pesar de ser capaces de interpretar correctamente las imágenes y reconocer aquellas que correspondían a un homicidio. La disfunción, por lo tanto, era de carácter emocional, no racional.

Las primeras teorías anatómicas: el tálamo en el circuito de Papez

Hasta aquí hemos recorrido dos de las tres etapas que nos habíamos propuesto en nuestro intento de comprender las emociones

en general. Tras proponer una definición objetiva para aclarar a qué nos referimos cuando en ciencia hablamos de emociones, y preguntarnos por su función evolutiva, procedimos en páginas anteriores a repasar las distintas hipótesis que se han propuesto para explicar cómo brotan las emociones a partir de los estímulos que las provocan. Ahora que sabemos qué son y cómo aparecen, ha llegado el momento de averiguar cuáles son las estructuras y regiones de nuestro sistema nervioso que desempeñan un papel relevante en su creación y procesamiento. Aunque la anatomía puede parecer complicada a primera vista, incluso para aquellos que hemos decidido dedicarnos profesionalmente a la neurología y a la neurociencia, en cuanto empezamos a apreciar la sorprendente combinación de complejidad y sencillez que rodea el funcionamiento de nuestro cerebro nos damos cuenta de que el esfuerzo merece la pena. Hay pocas cosas más fascinantes que el cerebro tratando de comprenderse a sí mismo.

Esta última etapa presenta, sin embargo, algunas dificultades añadidas. Como recordaremos, cuando se produce una emoción, esta va asociada a la aparición de alguna modificación (fisiológica, cognitiva o motora) en el sujeto que la experimenta. Los estímulos capaces de provocar estas reacciones poseen lo que se conoce como «competencia emocional». Cuando el cerebro detecta estímulos competentes emocionalmente, envía órdenes específicas al sistema endocrino —el responsable de la liberación y de la regulación de las hormonas en el flujo sanguíneo, con los consiguientes efectos tanto en el cuerpo como en el cerebro—, al sistema nervioso autónomo —el que actúa sobre los sistemas fisiológicos de control del cuerpo, la homeostasis en general, pero también en el sistema cardiovascular y en los órganos viscerales— y al sistema musculoesquelético —el responsable de algunas respuestas típicamente emocionales, como quedarse

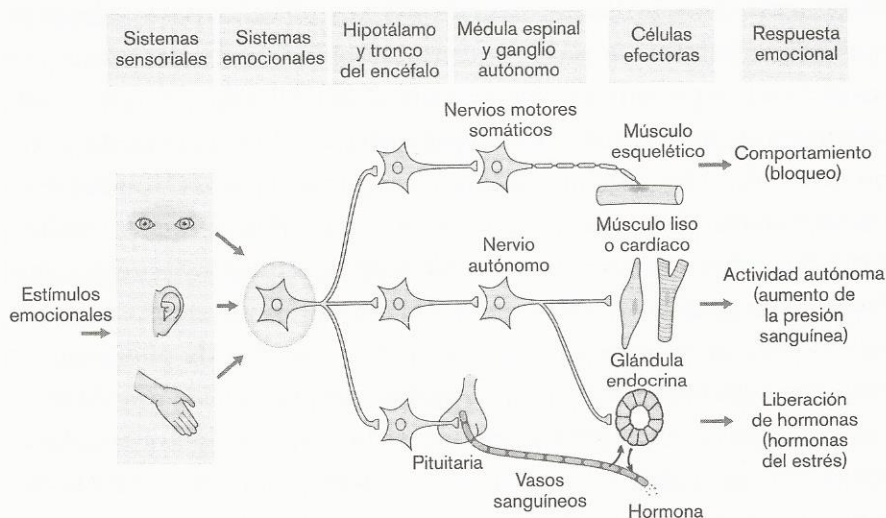


Figura 9: Control nervioso de las respuestas emocionales a los estímulos externos. Los estímulos externos procesados por los sistemas sensoriales convergen en los sistemas responsables de la gestión de las reacciones emocionales. Estos, a su vez, activan regiones del tronco encefálico y del hipotálamo capaces de regular las respuestas fisiológicas a través del sistema musculoesquelético, el sistema nervioso autónomo y la secreción hormonal. La figura muestra un ejemplo de las respuestas fisiológicas relacionadas con el miedo.

paralizado de miedo, atacar o huir, o como las expresiones faciales relacionadas con las emociones (véase la figura 9)—. Estos tres sistemas permiten expresar el estado emocional y son relativamente fáciles de estudiar. Por el contrario, cuando queremos pasar del estudio de la dimensión «externa» de las emociones al conocimiento de los mecanismos internos, subjetivos, cerebrales, la cuestión se complica notablemente.

Uno de los primeros pasos en esta dirección lo dio el neurólogo estadounidense James Papez (1883-1958), quien desarrolló el núcleo de la teoría de Cannon-Bard al proponer el primer esquema de los circuitos nerviosos centrales responsables de las

emociones. Según Papez, las señales sensoriales, tanto aquellas que provienen de nuestros sentidos como las emitidas por los órganos internos, llegarían primero al tálamo, una estructura ovalada formada por dos masas voluminosas bajo el córtex cerebral, y a partir de aquí se separarían en dos vías, una ascendente y otra descendente: la vía del pensamiento y la vía del sentimiento, respectivamente. Así pues, el tálamo operaría como una suerte de estación de comunicación que retransmite los mensajes sensoriales a la corteza cerebral, tras haberlos canalizado y filtrado de manera adecuada.

El nombre de esta especie de centralita interna no es casual: en la Antigua Grecia la palabra «tálamo» se refería a la estancia nupcial o simplemente al lecho conyugal construido por el marido. De igual manera, nuestro tálamo es una habitación esencial para el buen funcionamiento del cerebro, una estancia reservada a la realización de funciones superiores. Se divide en una serie de núcleos que permiten clasificar las distintas señales en función de la naturaleza del estímulo (visual, auditivo, químico, somatosensorial...) y de su procedencia (los estímulos procedentes de la cara acaban en un núcleo distinto de aquellos que llegan de las extremidades superiores, del tronco y de las extremidades inferiores). En el tálamo se recrea un mapa nervioso, tal como se dibujaría cualquier carta geográfica, de lo que ocurre a lo largo y ancho de nuestro organismo. Pero además de recibir las señales y contribuir a completarlas, allí se decide si dejar pasar o no el mensaje a la corteza cerebral, exactamente lo que haría una centralita. Si un estímulo es muy intenso o importante, es necesario que el individuo tome conciencia de él para elaborar una respuesta motora o conductual adecuada; si no, no.

La vía descendente, la del sentimiento, transmite directamente las aferencias sensitivas desde el tálamo hasta los cuerpos

El sistema nervioso periférico ante situaciones de estrés

Todos los nervios sensoriales y motores que comunican el sistema nervioso central (cerebro y médula espinal) con las demás partes del cuerpo constituyen el sistema nervioso periférico. Este a su vez se subdivide en dos grandes partes, cada una de ellas con funciones bien distintas.

La primera es el sistema nervioso somático, que regula la interacción del cuerpo con el entorno externo a través de los nervios sensoriales (procedentes de los principales órganos sensoriales, como los ojos, la piel o el oído) y de los nervios motores que enervan los músculos esqueléticos (aquellos que podemos mover voluntariamente para responder a los cambios externos).

El segundo es el sistema nervioso autónomo, también conocido como sistema nervioso vegetativo o visceral, que regula y coordina las funciones automáticas mandando órdenes motoras involuntarias a los órganos internos y recibiendo de esos mismos órganos información interoceptiva.

A su vez, el sistema nervioso autónomo tiene una ulterior subdivisión entre sistema simpático y parasimpático. Ambos se ramifican hacia los mismos órganos internos, pero con efectos contrarios. El sistema nervioso simpático intensifica su actividad, preparando el cuerpo para la acción a través del incremento del ritmo cardíaco o respiratorio, por ejemplo. Además moviliza las reservas de glucosa del cuerpo para que llegue más energía a los músculos.

En cambio, el sistema parasimpático regula el reposo y la relajación, ayudando al cuerpo a recuperarse de los esfuerzos mediados por el sistema simpático cuando este ha dejado de trabajar.

mamilares, que son dos pequeñas estructuras situadas en el hipotálamo, la región cerebral responsable del control del sistema nervioso autónomo y donde se regula la movilidad visceral, los reflejos, el ritmo sueño-vigilia, el mantenimiento de la temperatura corporal, el apetito y, en última instancia, las respuestas corporales propias de los estados emotivos.

Cuando las aferencias sensitivas, por el contrario, toman un camino ascendente (la vía del pensamiento), las sensaciones se

transforman en percepciones, reflexiones y recuerdos. En este caso, la información sensorial se transmite desde el tálamo a las cortezas sensoriales, especialmente a la corteza cingulada, y de allí al hipocampo y a los cuerpos mamilares del hipotálamo para luego volver de nuevo a los núcleos del tálamo.

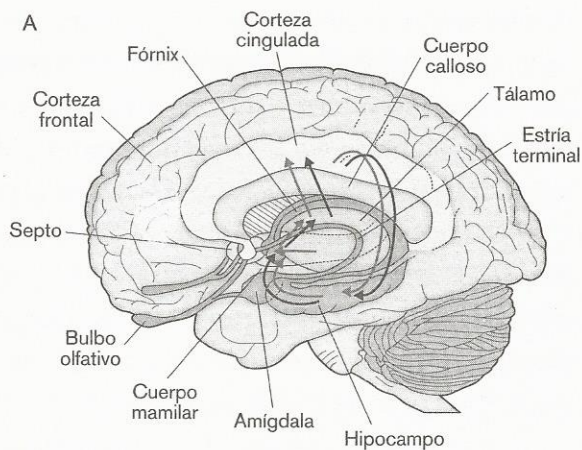
Según Papez, ambas vías, la del pensamiento y la del sentimiento, serían las responsables de generar las experiencias emocionales, con la imprescindible participación de la corteza cingulada, que desde arriba controlaría las reacciones hipotalámicas (véase la figura 10, en la pág. 64).

Si bien se ha demostrado que muchas de las conexiones propuestas por Papez se producen realmente, no existe suficiente evidencia experimental que corrobore todas sus hipótesis sobre las regiones implicadas en las emociones. De lo que no hay duda es del destacado protagonismo de la corteza cingulada en todo el proceso, como han confirmado los estudios realizados posteriormente por el mismo Papez o por António Damásio. Algunos experimentos realizados con neuroimagen en humanos y estudios de lesiones en animales de laboratorio han puesto de manifiesto que se produce una notable reducción del volumen de materia gris en la corteza cingulada de los pacientes que sufren depresión, esquizofrenia o trastornos del estado de ánimo.

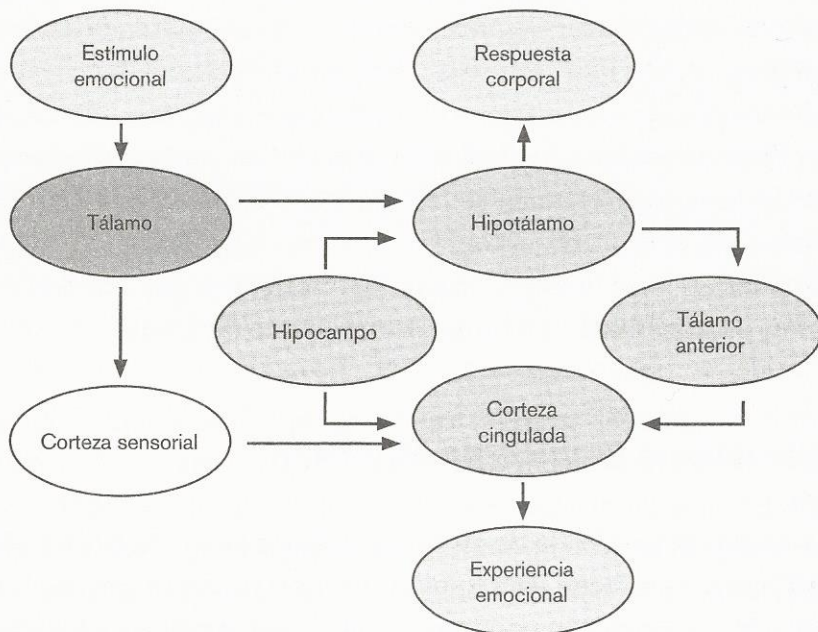
El sistema límbico de MacLean

A finales de la década de 1930, el psicólogo Heinrich Klüver (1897-1979) y el neurólogo Paul Bucy (1904-1992) observaron, en el curso de una investigación con monos, que la extirpación de los lóbulos temporales de los dos hemisferios causaba *a posteriori* una serie de trastornos psicológicos y emocionales relevantes. Por ejemplo,

Figura 10: Circuito de Papez. Localización (A) y esquema (B) de las áreas y de los circuitos cerebrales implicados en el circuito de Papez. En negro, en A, las conexiones que permitirían la vía del pensamiento y en gris las de la vía del sentimiento.



B



los monos no presentaban ninguna reacción de miedo a estímulos que anteriormente les asustaban, mantenían con insistencia una actitud exploradora, hasta el punto de llevarse cualquier objeto a la boca, y mostraban hipersexualidad (intentaban tener relaciones sexuales con compañeros inapropiados, así como con miembros de otras especies) y una serie de trastornos alimenticios (querían comerse cualquier objeto claramente no comestible, como sus propias heces). A este conjunto de comportamientos se le dio el nombre de síndrome de Klüver-Bucy y se consideró que su causa principal eran las lesiones en el lóbulo temporal.

La noticia de los experimentos llevados a cabo por Klüver y Bucy llegó a oídos de Paul MacLean (1913-2007), un joven médico y neurocientífico estadounidense cuya pasión por el estudio de las emociones lo había empujado a abandonar su buen empleo de médico para mudarse con su familia a Boston, donde le habían ofrecido una beca para estudiar a pacientes que padecían lesiones en el lóbulo temporal. Con las investigaciones de Klüver y Bucy y la influencia de Papez como punto de partida, MacLean elaboró una teoría anatómica de las emociones que las presentaba como el producto de un «cerebro visceral», al que bautizó primero con el nombre de «lóbulo límbico» y posteriormente de «sistema límbico». El término proviene del latín *limbus*, que significa 'borde circular' o 'margen', y con él se designa el borde de la corteza cingulada que va por encima y alrededor del cuerpo calloso y por el giro parahipocampal. El sistema límbico, en el sentido más moderno de la palabra, comprende también regiones subcorticales conectadas con estas áreas corticales, como la amígdala y el hipotálamo (véase la figura 11, en la pág. 67).

Según la teoría de MacLean, el cerebro estaba formado por tres estructuras. La primera y más antigua era el llamado cerebro reptiliano, sede de las emociones más primitivas, por

ejemplo el miedo. La segunda estructura, el cerebro visceral, se correspondería con un estadio evolutivo posterior, propio de los primeros mamíferos, y era la que permitía ampliar el abanico de respuestas emocionales, entre ellas las emociones sociales. Estaba compuesto principalmente por las mismas áreas que el circuito de Papez (tálamo, hipotálamo, hipocampo y corteza cingulada), pero también por la corteza prefrontal y por la amígdala. Por último, la tercera estructura cerebral, la más reciente desde el punto de vista evolutivo, estaba formada de manera casi exclusiva por la neocorteza y tenía la función de confrontar los procesos emocionales y cognitivos, controlando así las respuestas emocionales.

La idea central de la teoría es que las experiencias emocionales son el resultado de la integración entre la información sensorial del mundo externo con las sensaciones internas procedentes del cuerpo. El encargado de ese proceso de integración es el cerebro visceral, es decir, el sistema límbico, pero a diferencia de lo que proponía Papez, la función clave no la desempeña la corteza cingulada, sino el hipocampo, un pequeño órgano en forma de banana que se encuentra al final del lóbulo temporal de ambos hemisferios. Según MacLean, el hipocampo intervendría no solo en la producción de las expresiones corporales de las emociones, sino también en la experiencia consciente de los sentimientos.

Aunque aún hoy esta teoría está muy difundida para explicar las regiones cerebrales implicadas en las emociones, ha recibido algunas críticas. Una de las más constructivas es la del neurocientífico Joseph LeDoux, quien señala que de acuerdo con las evidencias experimentales el hipocampo parece estar más implicado en la consolidación de los recuerdos a largo plazo que en la elaboración de las emociones, aunque sin duda las emociones contribuyan a consolidar los recuerdos. Por otro lado, el sistema

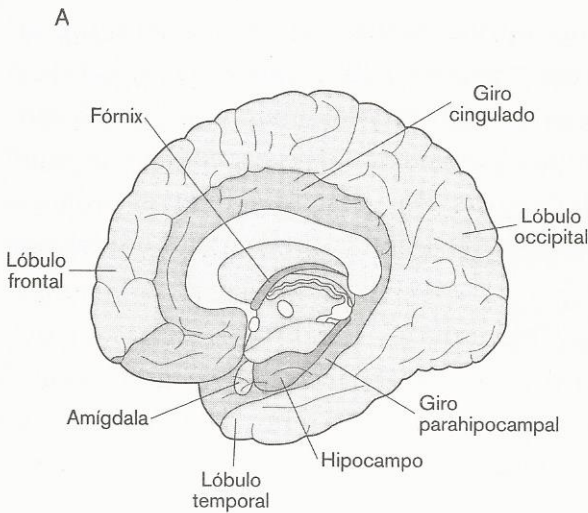
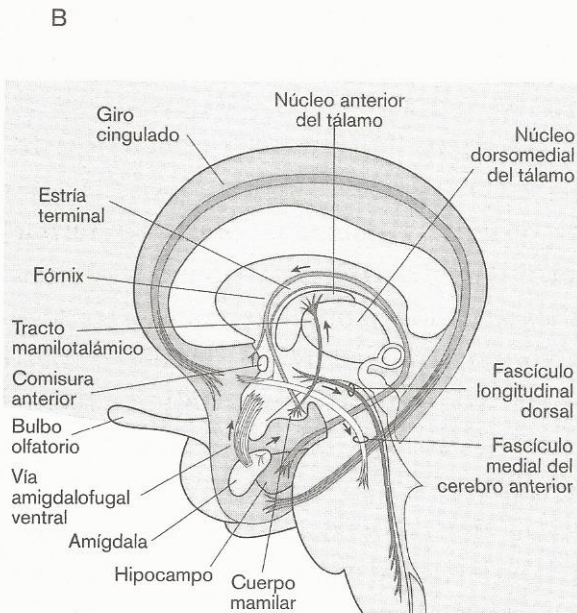


Figura 11: El sistema límbico.

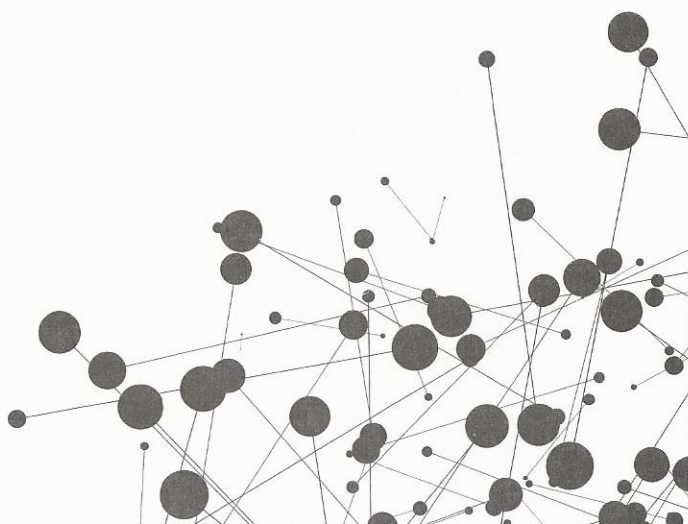
Comprende el lóbulo límbico y algunas estructuras profundas.

A. El lóbulo límbico, según Broca, estaba compuesto por tejido cortical primitivo, por el giro cingulado y por el giro parahipocampal, que rodea la parte superior del tronco encefálico y por estructuras subcorticales como la amígdala y el hipocampo; B. Interconexiones entre las estructuras del sistema límbico. Las flechas indican la dirección predominante de la actividad nerviosa en cada trazo, aunque estas conexiones sean típicamente bidireccionales.



límbico de MacLean supone que un único sistema cerebral es capaz de elaborar todas las emociones. En cambio, según LeDoux, las diferentes emociones habrían evolucionado con fines distintos y necesitarían circuitos y áreas nerviosas específicas, aunque no necesariamente alternativas. Pero esto se verá en el próximo capítulo, donde se exploran una a una las principales emociones básicas.

LAS EMOCIONES PRIMARIAS



Después del recorrido realizado por las diversas teorías acerca de las emociones, podemos ya detenernos a examinar las actuales concepciones de las mismas: qué entendemos hoy por emociones, cuántas existen que quepa considerar universales en todos los humanos y cuáles son. Y hacernos la pregunta básica de hasta qué punto puede la neurociencia ayudarnos a entenderlas y a manejarlas. No olvidemos que una de las aplicaciones prioritarias del estudio del cerebro es contribuir, desde un enfoque científico, no solo a la comprensión de nuestra vida emocional (afectiva), sino a mejorar (o paliar) los comportamientos que surgen de las emociones.

Partamos de la teoría ya mencionada de Paul Ekman y sus colaboradores Levenson y Friesen. Sabemos que otros investigadores han matizado el panorama de las emociones que estos dibujaron en 1983, pero en general hay bastante consenso en torno a sus conclusiones: existen seis emociones primarias o básicas, universales a todos los humanos, y con un fundamento biológico, según había planteado Darwin. Las seis emociones básicas son miedo, ira o cólera, asco, alegría, tristeza y sorpresa. Recordará el lector que para concluir que estas y no otras son las emociones humanas básicas los investigadores examinaron factores como las microexpresiones faciales, los cambios en el ritmo cardíaco y la temperatura de las manos en el momento de la expresión emocional. Pero ¿qué papel desempeña el cerebro en los procesos

emocionales? El presente capítulo explora lo que hasta ahora se sabe acerca de los sustratos cerebrales de estas emociones primarias.

Miedo y ansiedad

El miedo es una de las emociones más básicas en los seres humanos, que instintivamente tratan de asegurar su supervivencia y procreación y, por consiguiente, rehúyen todas las amenazas que ponen en riesgo esta tendencia fundamental. Pero el miedo no es en absoluto una motivación exclusivamente humana: moviliza a todos los seres vivos empeñados en conservar su existencia individual y colectiva, es decir, de especie.

Digamos de entrada que el miedo es un mecanismo muy adaptativo, que se ha ido desarrollando en el curso de la evolución en nuestra especie (y en las demás) con el efecto de favorecer su supervivencia. Como sabemos gracias a Charles Darwin, solo sobreviven los que mejor se adaptan a un entorno infestado de peligros, variable e imprevisible. Por el hecho de ser una propiedad adaptativa de la especie —por ser un componente que ya viene de serie—, lo llevamos integrado hasta el punto de que, en gran parte, no es un factor regulable a voluntad, sino que se trata de un automatismo del cerebro inconsciente. De ahí que no esté en nuestra mano sentir o dejar de sentir miedo, un sentimiento que nos sobreviene de modo súbito. Lo que depende de nuestra voluntad —del cerebro consciente— es la determinación con que nos enfrentamos al miedo. Ya lo dejó escrito Aristóteles en su *Ética a Nicómaco*, cuando nos dice que no es valiente quien no teme nada (en este caso sería un temerario, un insensato), sino quien aprende a enfrentarse a sus miedos y a superarlos.

Si bien este texto aristotélico se centra en miedos de tipo social y cultural —un tipo de miedo considerado secundario—, sus lúcidas observaciones sirven igualmente para los miedos primarios, los más viscerales y espontáneos, como el que se experimenta, por ejemplo, al detectar la cercanía de un animal venenoso. El mecanismo tiene siempre un funcionamiento muy parecido. Se experimenta miedo a raíz de una percepción de peligro, sea objetiva (constatable en el mundo físico) o subjetiva (surcida sin un origen físico). Tal percepción activa mecanismos de defensa: huida o lucha. Y gracias a esta reacción automatizada, la especie ha llegado hasta hoy sin extinguirse.

Hay que admitir que a la emoción del miedo no se le suelen asociar valores positivos. Todos admiramos la valentía y el arrojo: los héroes de varios momentos culturales han ocupado los puestos más elevados del imaginario colectivo de nuestra especie, desde los aguerridos protagonistas de la *Ilíada* hasta los modernos superhéroes que realizan, en el plano de la fantasía, las aspiraciones a menudo subconscientes de los adolescentes. Pero es bien conocida la expresión de saber nadar y guardar la ropa: no hay que bajar nunca la guardia, porque la supervivencia individual y la de la especie requieren la activación permanente de los mecanismos del miedo. Sin esta emoción, sin este resorte automático que nos permite sortear las amenazas y salvar la piel en las situaciones más comprometidas, hace tiempo que nuestra especie habría sucumbido a los hábitats hostiles en los que le ha tocado vivir. Ciertamente que su predominio, y aun su hegemonía, sobre otras emociones puede ser igual de perjudicial que su ausencia. Como tantos otros aspectos de la vida, su efecto positivo o negativo depende de las proporciones. Si en el plano individual su ascendente excesivo puede llevar a conservar de mala gana durante años un empleo insatisfactorio o una relación de pareja insustancial,

¿Por qué a algunas personas les gusta pasar miedo?

Parece inexplicable que haya gente que disfrute pasando miedo, pero la popularidad del género cinematográfico de terror, y en menor medida la de su equivalente literario, así como la alta afluencia a ciertos parques de atracciones sugiere que son muchos los que desean verse confrontados a experiencias espeluznantes. ¿Cuál es la causa de esta desconcertante afición por esta emoción dolorosa y traumática?

La neurociencia nos permite entender un poco este extraño fenómeno. Un estudio escaneó el cerebro de voluntarios mientras veían una película de terror, y detectó que en el terror fingido o ficticio (el miedo «como si» fuera real sin serlo de veras) no se movilizan exactamente las mismas regiones cerebrales que en una situación de miedo real: ello indicaría que el cerebro sabe que lo que está procesando no son hechos sino simulaciones.

La experiencia del miedo libera unas sustancias químicas —adrenalina y dopamina, sobre todo— que también circulan como neurotransmisores en situaciones de placer, lo cual, unido a la conciencia de que el temor que se está experimentando no corresponde a ninguna situación real, les puede resultar muy gratificante a los aficionados al terror. La clave, entonces, sería que el terror se experimenta en una situación controlada y socialmente aceptada.

y en el plano colectivo puede impedir exploraciones y aventuras que serían positivas para la marcha de la especie, la ausencia de miedo puede resultar igualmente perjudicial.

Ilustrémoslo, como nos corresponde en esta exposición científica, con un caso de neurociencia, un caso clínico, el de la paciente S. M., también conocida como «la mujer sin miedo», descrito en un artículo de la revista *Nature* en 1994. S. M. era una mujer afectada de daño bilateral —en ambos hemisferios cerebrales— restringido a la amígdala, como consecuencia de una rara enfermedad genética con menos de 400 casos conocidos en todo el mundo: la denominada enfermedad de Urbach-Wiethe. En esta patología se dan algunos síntomas físicos observables,

como engrosamiento de la piel y de las mucosas, daños dermatológicos, mala cicatrización de las heridas, labios amarillentos; en algunos casos el sistema nervioso queda afectado, en particular en los lóbulos temporales mediales con calcificaciones y disfunción de la amígdala, lo que puede dar lugar a epilepsias y otras anormalidades neuropsiquiátricas. A esta paciente en concreto, la enfermedad le había ido afectando notablemente la amígdala en ambos hemisferios desde el final de su infancia. Sucedió que cuando, en la década de 1980, se le realizaron pruebas para evaluar su ansiedad y miedo, S. M. no mostró ninguna emoción: ni cuando fue expuesta a serpientes, tarántulas y arañas, ni cuando se le proyectaron espeluznantes películas de terror, ni siquiera cuando la llevaron a una «casa encantada» en la que unos actores simulaban ejecutar ataques contra los visitantes. En lugar de miedo, la paciente mostraba más bien interés y afán de exploración. Los médicos que la examinaron la describieron como una mujer muy amigable, extrovertida y abierta a conocer a otras personas. Además, no parecía que le afectaran negativamente las experiencias emocionales adversas, de las que había sufrido unas cuantas, y graves —violencia de género, numerosas amenazas de muerte con armas blancas y de fuego—: no solo no manifestaba ningún signo de miedo, ansiedad o estrés postraumático, sino que conservaba una destacada y confiada tendencia a establecer relaciones amistosas con otras personas. También carecía de sentido del espacio personal y no se incomodaba por estar físicamente próxima a otros, aunque sabía que algunas personas necesitan más espacio personal que ella. Además, mostraba un elevado grado de empatía hacia los otros, lo que concordaba con lo que se había averiguado en otros casos en los que se había extirpado la amígdala para tratar la epilepsia severa. En la actualidad, S. M. es madre de tres hijos a los que ha cuidado de forma responsable.

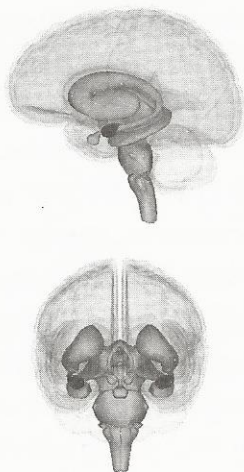


Figura 12: El almacén del miedo. La reacción al miedo se basa en el establecimiento de circuitos muy complejos relacionados con las amígdalas —en la imagen, vista lateral y posterior de las mismas—. Una vez establecidos estos circuitos, la reacción frente a situaciones que nos producen miedo tiende a establecerse de manera automática. De este modo, el «resorte» del miedo se «almacena» de manera indeleble en nuestro cerebro, incluso cuando no somos conscientes de ello.

Este caso y otros, tal vez menos llamativos, pero también ilustrativos, demuestran la importancia de la amígdala en los procesos del miedo, es decir, en la evaluación de peligros potenciales y en el reconocimiento del miedo a partir de imágenes de rostros donde esta emoción se refleja. La amígdala también parece ser fundamental para el aprendizaje condicionado del miedo, en el sentido de que «almacena» los resortes del miedo experimentado. Asimismo parece estar implicada en el procesamiento de varias emociones, aunque hay que admitir que los neurólogos todavía no tienen demasiado claro cuál es el funcionamiento concreto de este órgano. Sin embargo, en el caso de S. M., como en el del también comentado de Gage, una afección grave de una parte del cerebro y las disfunciones que implica nos permiten detectar qué funciones realiza normalmente este órgano.

En el polo opuesto al de la «mujer sin miedo» están las personas aquejadas de estrés postraumático como consecuencia de experiencias especialmente duras: violaciones, ataques físicos, accidentes de tráfico o participación en una guerra. Suelen padecer síntomas que les impiden disfrutar de la vida cotidiana: sueños y recuerdos angustiosos recurrentes relativos

al suceso desencadenante, intenso malestar psicológico, amnesia disociativa, tendencias autodestructivas, así como la aparición súbita de *flashbacks* o imágenes retrospectivas. A menudo evitan cualquier situación que les traiga a la mente el suceso traumático.

Desde el punto de vista neuroanatómico, se han realizado estudios en personas afectadas de estrés postraumático que muestran una menor actividad en el córtex cingulado anterior dorsal y rostral, así como en el córtex prefrontal ventromedial —implicados en el control de la emoción—, cuando se dispara el miedo. En un trabajo realizado con veteranos de la guerra de Vietnam, se describió un aumento superior a la media en la activación de la amígdala en respuesta a sonidos de combate. A su vez, la actividad del hipocampo, estructura involucrada en la correcta contextualización espacial y temporal de las memorias, estaría inhibida en las situaciones de elevado estrés, lo que explicaría los *flashbacks* que experimentan las personas afectadas y el hecho de que, cuando sufren un estímulo similar al que provocó el estrés postraumático, tengan la sensación de estar reviviendo el suceso; este fenómeno ha sido magistralmente representado en el cine por Alfred Hitchcock en la película *Vértigo*.

El miedo se padece intensamente en el fuero interno, pero también se manifiesta en varias reacciones físicas, que si tomamos como referencia los parámetros empleados por Ekman en sus trabajos serían: aumento de la frecuencia cardíaca, de la conductancia de la piel y de las fluctuaciones de la misma. Respecto a la expresión facial, se elevan y contraen las cejas, se elevan los párpados superior e inferior, se tensan los labios y la boca puede estar abierta. El miedo es una emoción desagradable, que genera malestar, preocupación y sensación de pérdida de control. Se trata de una de las emociones que cualquier persona sana puede distinguir en la cara de un congénere de forma innata, lo que

resulta clave para la supervivencia, ya que posibilita una respuesta de huida para evitar la situación peligrosa.

Ante el miedo, se focaliza la atención de forma casi exclusiva en la causa desencadenante de este y se pone gran cantidad de energía a disposición de la reacción del organismo. Esto sirve para reforzar negativamente cualquier tipo de aprendizaje derivado y, al concentrar toda la atención en el estímulo causante, se reduce el resto de procesos cognitivos. Cuando sobreviene, el miedo es una oleada que se lleva y ahoga cualquier otra emoción. Por eso da lugar a reacciones absolutas, poco matizadas: luchar a brazo partido o bien huir a toda prisa.

Para el estudio de esta emoción se ha empleado ampliamente un modelo experimental conocido como modelo de miedo condicionado. Este paradigma deriva de los famosos experimentos sobre los reflejos condicionados llevados a cabo por el psicólogo ruso Ivan Pavlov (1849-1936), por los que recibió el premio Nobel en 1904. En el modelo del miedo condicionado se aplica un estímulo neutro, por ejemplo, un sonido o un destello de luz, que se denomina estímulo condicionado y a continuación se proporciona un estímulo desagradable, como un golpe o una descarga eléctrica, a este segundo se le denomina estímulo aversivo no condicionado; después de repetir la aplicación de ambos estímulos —el condicionado y el no condicionado—, el animal o la persona aprende que el estímulo neutro va seguido del estímulo desagradable y, en consecuencia, la simple aparición del estímulo neutro ya desencadena la respuesta en forma de cambios en el ritmo cardíaco, la presión sanguínea y la liberación de hormonas de estrés como el cortisol, entre otros parámetros que permiten hacer una estimación del miedo que se está provocando en el animal. Las reacciones que aparecen constituyen la respuesta condicionada al miedo.

Al aplicar esta estrategia experimental se ha comprobado a través de imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI) que la amígdala se activa en la situación de miedo anticipatorio, tanto en modelos animales como en seres humanos, lo que estaría en concordancia con lo observado en los pacientes mencionados con lesiones en esta zona del cerebro.

El condicionamiento del miedo está poco estudiado en los seres humanos, ya que por imperativos éticos se han limitado los experimentos que pudieran hacerse en este sentido, pero los pacientes con daño bilateral de amígdala no parecen ser susceptibles a él. Los estudios que puedan hacerse en este sentido tienen aplicaciones relevantes para todas aquellas personas que han sufrido alguna experiencia traumática.

Una distinción básica es la que separa miedo y ansiedad (o angustia): el primero se siente ante algo definido —sea físico o conceptual—, mientras que la segunda es un miedo que se siente ante algo indefinido, que a menudo ni siquiera se puede explicar, pero que se expresa como consecuencia de un proceso cognitivo anticipatorio. Es decir, si algo nos provoca ansiedad es porque sabemos interpretarlo como una amenaza. En efecto, esta emoción secundaria se manifiesta a resultas de la anticipación de un peligro que desencadena miedo y activa circuitos de estrés para facilitar las respuestas de huida o lucha. Es por lo tanto una ventaja evolutiva y como tal ha sido seleccionada. Sin embargo, al igual que sucede con otros mecanismos de defensa del organismo, una respuesta excesiva e incontrolada genera problemas que pueden llegar a constituir una patología: se trata de los famosos desórdenes de ansiedad, que afectan hasta a un 15 % de la población en los países desarrollados.

La ira

«Cualquiera puede enfadarse, eso es algo muy sencillo. Pero enfadarse con la persona adecuada, en el grado exacto, en el momento oportuno, con el propósito justo y del modo correcto, eso, ciertamente, no resulta tan sencillo.»

ARISTÓTELES

«El que domina su cólera, domina a su peor enemigo.»

CONFUCIO

¿Quién no ha sentido ira, no se ha encolerizado, cuando, después de hacer una cola de media hora, alguien intenta saltársela, lo consigue y, por si fuera poco, se burla ostensiblemente de los que aguardan su turno? Los que esperan sienten una mezcla de frustración y rabia que activa algunos de los circuitos más primitivos y agresivos del cerebro humano. En situaciones como esta el individuo se apresta a una respuesta de lucha o huida, suben los niveles de adrenalina y noradrenalina, el ritmo cardíaco aumenta, el rostro se enrojece. Lo que suceda a continuación dependerá de factores sociales, culturales y personales, pero sin duda se habrá producido una reacción en el organismo que permanecerá durante un período de tiempo determinado, hasta que se restablezcan los parámetros fisiológicos normales.

La ira o cólera es una de las emociones más complejas. Provocada por la frustración, la amenaza o el daño, es una emoción que todos los seres humanos somos capaces de percibir y reconocer en otro congénere, y está dotada de una enorme capacidad destructiva pero también autodestructiva. A pesar de ello, a lo largo de la evolución ha sido seleccionada positivamente ya que ha permitido a los individuos no solo autoafirmarse sino también defenderse con eficacia de ataques, agresiones, escapar de situaciones peligrosas, marcar territorios. Ha tenido, pues, un efecto parecido y complementario al miedo. Al ser útil para el individuo, pero peligrosa a escala social, todos los grupos o

colectivos desarrollan mecanismos para controlar y canalizar la ira de sus miembros de manera que estos no se conviertan en una amenaza para la propia sociedad. No es de extrañar que la ira haya sido calificada como uno de los siete pecados capitales en el cristianismo.

Los trabajos de Ekman mostraron que esta emoción es la que da lugar a un mayor aumento combinado del ritmo cardíaco y la temperatura de las manos. Las expresiones faciales reconocibles son: descenso y contracción de las cejas, labios tensos y apretados, dilatación de las fosas nasales y párpados entrecerrados, y a nivel fisiológico aumentos en los niveles de adrenalina y noradrenalina, así como de la presión arterial. Ante un peligro potencial el cerebro genera una reacción de lucha o huida.

Desde el punto de vista neurobiológico, la ira origina una activación de las regiones orbitales frontales, implicadas también en los procesos de aproximación social. Los estudios neuroanatómicos nos indican que en esta emoción intervienen, reforzándose o haciendo de contrapeso entre ellas, varias regiones del cerebro: los tejidos del sistema límbico, incluyendo la amígdala, que desencadenan la ira, y la corteza prefrontal, que realiza una función reguladora o moderadora del impulso. Asimismo, se ha visto que lesiones en el septum, a nivel de la corteza cingulada anterior—involucrada en parte en el control emocional, la anticipación de premio, la toma de decisiones y la empatía—, rebajan el umbral para el desencadenamiento de la ira, como se ha comprobado con animales empleados en experimentos, que se vuelven especialmente irritables, y en pacientes con tumores en esta región, que muestran expresiones de agresividad incontrolada. Se han realizado estudios de neuroimagen utilizando tanto PET (tomografía de emisión de positrones) como fMRI (imágenes de resonancia magnética funcional) sobre pacientes con problemas de comportamiento violento

Técnicas de neuroimagen

El desarrollo de las técnicas de neuroimagen ha permitido conocer qué regiones del cerebro participan en las diferentes situaciones experimentales y ha facilitado la visualización de muchos procesos fisiológicos. Las dos técnicas de neuroimagen más utilizadas son la tomografía por emisión de positrones (PET, por sus siglas en inglés) y la resonancia magnética nuclear funcional (fMRI, por sus siglas en inglés).

- La técnica PET determina la utilización de energía (expresada por la concentración de glucosa) en diferentes regiones del organismo; se le inyecta a la persona una solución de glucosa radioactiva —en realidad, 2-desoxiglucosa— con un isótopo (oxígeno o flúor) que emite positrones y permite detectar aquellas regiones que están utilizando mayor cantidad de glucosa en un momento dado; en el caso del cerebro nos indica las regiones más activas metabólicamente en cada instante, ya que el cerebro solo utiliza glucosa como fuente de energía. Esta técnica se ha utilizado ampliamente para detectar tumores, que movilizan una gran cantidad de glucosa. Se trata de un método efectivo, pero tiene el inconveniente de la exposición a una emisión radioactiva, por lo que su empleo ha de ser necesariamente limitado.
- La técnica fMRI, en cambio, no es invasiva. Se basa en la asociación de flujo sanguíneo y actividad cerebral: cuando una zona del cerebro se encuentra particularmente activa necesita un mayor aporte de oxígeno y en consecuencia aumenta también el flujo sanguíneo. El oxígeno es transportado por la hemoglobina, proteína que puede encontrarse en forma de oxihemoglobina, es decir, unida

repetitivo y también en asesinos. Estas técnicas hallaron que las personas con historial violento tenían una menor actividad en las cortezas mediales temporales y en las cortezas prefrontales; esta disminución de la actividad parece indicar una inhibición de la zona de toma de decisiones racionales. Cuando se realizó el estudio sobre asesinos, diferenciando entre asesinos impulsivos y asesinos planificadores, los asesinos impulsivos mostraron menor actividad a nivel del córtex prefrontal, mayor funcionamiento de las regiones subcorticales derechas —amígdala, hipocampo y

a oxígeno, o bien en forma de desoxihemoglobina, una vez que ha cedido el oxígeno a las células. Las propiedades magnéticas de la oxihemoglobina y de la desoxihemoglobina son diferentes, y esto es lo que detecta la técnica: el cambio en el magnetismo de la hemoglobina que se produce como consecuencia de la cesión del oxígeno a las células vecinas. Cuando se le pide a un voluntario que realice una tarea —como mirar una fotografía emocionalmente impactante—, la técnica fMRI detecta qué zona del cerebro está siendo utilizada en ese preciso momento. Es la principal técnica de elección, ya que la toma de imágenes es rápida, tiene mejor resolución que el PET y no utiliza isótopos radioactivos.

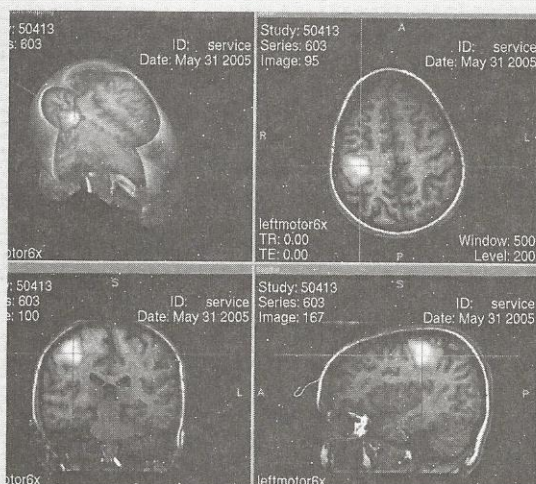


Figura 13: Explorando nuestro cerebro. Ejemplo de una imagen por resonancia en tres dimensiones.

tálamo— y, por consiguiente, menor relación entre corteza prefrontal y regiones subcorticales. Estos resultados indicarían que los asesinos impulsivos, que padecen una ira descontrolada, serían menos capaces de dominar los impulsos agresivos provenientes de las estructuras subcorticales. Pero la función moderadora del córtex prefrontal no resulta únicamente útil en la inhibición de las acciones más violentas. También refrena impulsos perjudiciales como gastar dinero compulsivamente, o reaccionar con un exceso de visceralidad o emotividad a situaciones tensas.

¿Por qué los adolescentes son más impulsivos e irascibles?

Durante la adolescencia, al igual que nuestro cuerpo, nuestro cerebro sufre cambios monumentales. El proceso de desarrollo cerebral atraviesa durante esta etapa vital una serie de ajustes tanto en su estructura como en su funcionamiento que influyen profundamente en nuestra manera de comportarnos y reaccionar ante el mundo que nos rodea.

En relación al cerebro de los niños, el de los adolescentes muestra una respuesta creciente a las recompensas en áreas relacionadas con la búsqueda del placer —como el núcleo *accumbens*—. Sin embargo, la actividad en la corteza orbitofrontal, que interviene en la toma de decisiones y en la simulación de consecuencias futuras, se mantiene en los niveles de la infancia. La combinación de un sistema de búsqueda del placer maduro y una corteza orbitofrontal inmadura da como resultado seres emocionalmente hipersensibles y con un déficit para el control de esas emociones.

Es durante el final de la adolescencia cuando se alcanza la maduración del córtex prefrontal, que nos permite, por un lado, acceder a las funciones de razonamiento y lógica, entre otros procesos complejos propios del ser humano, y por otro lado —el que más nos interesa en este punto del relato— regular la conducta emocional ante situaciones sociales. Esta maduración neurológica no se considera finalizada hasta los 25 años, por lo que los adolescentes suelen ser más impulsivos, irascibles y vulnerables que los adultos. Una teoría que las compañías aseguradoras de coches intuyeron antes de que las neurociencias la demostrara, y por la que hace décadas que aplican tarifas superiores a los más jóvenes.

Por supuesto, los mecanismos de la ira no son exclusivamente neurológicos. La educación que se ha recibido y el medio social en el que se ha crecido inciden también en la propensión a tal emoción. Y todavía está por aclarar hasta qué punto esta propensión es innata. Estudios recientes confirman que gemelos idénticos que han crecido en ambientes distintos pueden mostrar diferentes grados de inclinación a la ira.

El asco

¿Cómo se reacciona ante una comida en estado de putrefacción en cuya superficie pueden verse gusanos moviéndose y que desprende un olor nauseabundo? Tal vez arrugando la nariz, elevando asimétricamente la comisura labial y bajando el labio inferior, unos gestos que probablemente sean inconscientes. También es posible que desciendan la temperatura de las manos y el ritmo cardíaco, tal y como demuestran los estudios de Paul Ekman. De lo que no cabe duda es del rechazo a probar esa comida: se trata de un mecanismo de protección frente a una más que probable intoxicación que podría poner en peligro la vida. El asco es una reacción repulsiva contra algo que resulta desagradable, ofensivo o malo y, en último término, peligroso. Darwin lo definió como la reacción a algo repugnante.

Se piensa que, desde el punto de vista evolutivo, esta emoción se ha originado como una reacción protectora ante comidas potencialmente peligrosas, que son detectadas gracias a olores característicos, como en el caso de la carne en proceso de putrefacción: las bacterias presentes en alimentos que se están descomponiendo suponen un grave peligro para la salud del animal o del ser humano, a pesar de los mecanismos inmunológicos que se ponen en marcha para combatir esas bacterias. Además de los alimentos en mal estado, la mayoría de los agentes causantes del asco están de alguna forma relacionados con el riesgo de infecciones bacterianas, tales como heces, orina, fluidos orgánicos como saliva, vómitos, mocos, fluidos sexuales, suciedad excesiva, cuerpos muertos o en descomposición, cuerpos mutilados, sangre, signos evidentes de infección y también ciertos animales asociados a infecciones, como cucarachas, garrapatas, piojos, gusanos, moscas, ratas y ratones. Una nueva muestra de la función evolutiva de esta emoción.

A lo largo de la evolución, esta reacción protectora ante alimentos peligrosos habría sido utilizada también para responder ante nuevos aspectos que la creciente complejidad cultural del ser humano va generando. Recordemos aquí que la evolución trabaja de un modo tosco: aprovecha recursos ya existentes para desempeñar nuevas funciones ante necesidades que van surgiendo, en lugar de crear algo nuevo desde cero.

Esta función protectora frente a posibles intoxicaciones podría explicar su mayor incidencia durante el embarazo, período en el que aumenta la sensibilidad al asco y a los agentes que lo provocan. Se ha propuesto la hipótesis de que ello sería consecuencia del debilitamiento inmunológico que sufre la madre durante la gestación, y que sería compensado por este aumento de la sensibilidad y de la expresión del asco, para proteger a la madre, e indirectamente también al feto, de posibles sustancias peligrosas para la supervivencia.

La expresión facial de asco es fácilmente reconocible entre las diferentes culturas, y es igualmente identificable en el rostro de una persona ciega, así como en el caso de personas sordas de nacimiento. Todo ello sugiere la existencia de una importante base biológica innata para esta emoción.

Desde el punto de vista neurobiológico, la principal región involucrada en esta reacción es la corteza insular, una región de la corteza cerebral plegada en el interior del surco central del cerebro, y por tanto no visible de forma externa (véase la figura 14). Esta zona cerebral se activa ante la exposición a olores y sabores desagradables, así como ante la visión de expresiones de asco en individuos de la misma especie. La activación de esta región cerebral se acompaña a menudo de una sensación de náusea.

Existen enfermedades neurodegenerativas que afectan a la experiencia del asco, como la enfermedad de Huntington. Esta

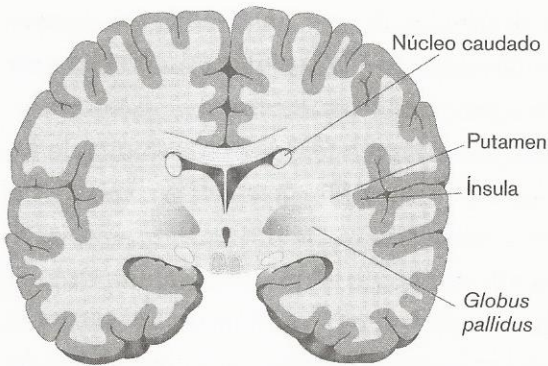
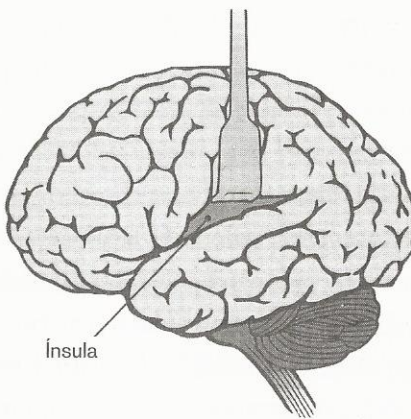


Figura 14: La corteza insular. Ubicada en el surco central del cerebro, es la que se activa frente a un estímulo que nos produce asco.



es de transmisión genética y se caracteriza por causar problemas motores, con descoordinación de movimientos, que pasan a ser de gran amplitud y desequilibrados, así como problemas de tipo psiquiátrico, con alteración de la memoria y del comportamiento. Los afectados por esta enfermedad no reconocen las expresiones de asco en otras personas, ni tampoco ellos las manifiestan, ni verbalmente ni en su comportamiento. De hecho, tal inhibición podría ser una de las características preclínicas de la enfermedad, ya que los portadores del gen alterado muestran esta incapacidad de

reconocer expresiones de asco antes incluso de la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad, lo que habitualmente ocurre entre la cuarta y la quinta décadas de vida, si bien pueden manifestarse antes. Tal vez sea significativo que estos pacientes también muestren incapacidad para reconocer las expresiones de ira y miedo. Por el contrario, en los trastornos obsesivo-compulsivos, es habitual que se produzca una hipersensibilidad al asco, cuyo desencadenante sería una alteración de la corteza insular. Eso explicaría el exceso de hábitos de limpieza y cuidado que muestran a menudo los aquejados, que pueden llegar a producirse llagas en las manos de tanto lavárselas.

Alegría

Hasta aquí hemos estado examinando emociones negativas o desagradables, que por cierto son las que más atención reciben en los estudios de neurociencia, sin duda por la necesidad de atenuarlas y reconducirlas. Ya es momento de ocuparnos de la gran emoción positiva y placentera, la alegría, la que eleva nuestro estado de ánimo. Es de corta duración, y a veces se vincula al concepto de felicidad. Genera bienestar, placer, optimismo, contribuye a una mejoría de la salud, y puede ser bastante contagiosa.

La expresión facial de la alegría se caracteriza por una elevación de las mejillas y de la comisura labial, así como por la formación de arrugas en la piel debajo del párpado inferior, por efecto de la contracción del músculo que rodea los ojos, llamado orbicular. Precisamente es esta contracción la que origina una sonrisa sinceramente alegre: es posible extender a voluntad los labios para mostrar una sonrisa de cortesía, pero no se puede contraer este músculo cuando se quiere. Aquí tiene usted una pauta

infalible para saber si sus conocidos sonrían con ganas o por compromiso después de oír sus comentarios ingeniosos. Y bueno, si la ocurrencia o el chiste es realmente bueno, tal vez desencadene en su auditorio una risa franca y campechana, de las que satisfacen el ego. No tendrá una seguridad absoluta, ya que la risa puede relacionarse con emociones y actitudes que no son la alegría —por ejemplo el cinismo o la burla—, pero sí indicios razonables de que su ingenio es debidamente celebrado. La risa moviliza partes muy diversas del cuerpo: pulmones, laringe y músculos intercostales. Más estruendosa que la sonrisa, la risa es el segundo marcador universal de la alegría. Y el hecho de que sea una de las acciones humanas más contagiosas quizás indique una propensión —o un deseo— de los humanos hacia la alegría (aunque también son altamente contagiosos los bostezos...). El hecho de que la sonrisa y la risa sean fenómenos mucho más sociales que solitarios sugiere que la alegría es un sentimiento compartido del ser humano, social por naturaleza.

Los estudios de neuroimagen muestran que la región principal activada en esta emoción es la corteza cingulada anterior rostral. Y sabemos que las moléculas que originan estados de alegría son las que producen placer y sensación de recompensa: sobre todo la dopamina, liberada de una neurona a otra en las sinapsis. Al liberarse esta sustancia bioquímica y sentirse alegría, la actividad aumenta, la voluntad se refuerza y la motivación se dispara, la fatiga disminuye, la atención se focaliza, se incrementan la creatividad y la capacidad de resolución de problemas; en general, todos los procesos mentales placenteros resultan reforzados. No hay nada negativo que decir acerca de la alegría: no solo hace que la gente viva mejor, sino que alarga la vida. Estudios científicos llevados a cabo sobre el nivel de satisfacción en la vida —a partir de elementos como la arruga en torno a los ojos que indica una sonrisa

Emociones y neurotransmisores

Las neuronas están interconectadas entre ellas a través de unos procesos denominados sinapsis (del griego *sinapsis*, 'unión' o 'enlace'). Cada neurona tiene la capacidad de establecer miles de sinapsis con otras neuronas, de manera que la magnitud de las posibles combinaciones y circuitos que pueden llegar a formarse en un cerebro es enorme. La mayor parte de las sinapsis son de tipo químico, es decir, cada neurona se comunica con la siguiente a través de unos mediadores químicos que reciben el nombre de neurotransmisores. Estas moléculas son liberadas al espacio extracelular de la neurona, en la región de la sinapsis, y pueden unirse a receptores (proteínas) que se encuentran en la membrana de la neurona adyacente. La unión entre el neurotransmisor y el receptor modifica las propiedades de la neurona receptora y puede dar lugar —o no— a que un impulso eléctrico se transmita a lo largo de esta segunda neurona hasta las siguientes sinapsis que se formen con una tercera neurona, donde se provocará la liberación de un neurotransmisor, el mismo u otro diferente, que facilitará la transmisión del impulso nervioso a la siguiente neurona. De esta forma, la información se va transfiriendo desde una neurona localizada, por ejemplo en la retina del ojo, a otras neuronas localizadas en la región occipital (posterior, dorsal) del cerebro y convirtiendo un destello de luz en una información procesada por el cerebro.

A día de hoy se conocen diferentes tipos de neurotransmisores y sus receptores, una preciosa información que se utiliza para la producción de muchos de los fármacos que se emplean en medicina, pero también para el diseño de un buen número de las drogas de abuso. Estas sustancias mimetizan, amplifican o anulan

sincera, como veíamos antes— revelan una mayor longevidad de las personas alegres.

Hoy en día existen varios estimulantes sintéticos que producen estados placenteros, de éxtasis y de euforia, unos paraísos artificiales que se cobran un altísimo precio en forma de adicciones y destrucción de la salud mental y física. Se trata de sustancias como los opioides (morfina, heroína), estimulantes dopaminérgicos como anfetaminas o metanfetaminas, cocaína, barbituratos, benzodiacepinas y alcohol. En general, los activadores —llamados

el efecto de los neurotransmisores. Cuando un fármaco potencia el efecto biológico del receptor recibe el nombre de «agonista» y cuando lo inhibe se le denomina «antagonista». Algunos de los principales neurotransmisores implicados en las emociones son:

- Dopamina. Interviene en los circuitos de recompensa, de adicción y de control de los movimientos, entre otros procesos. Fármacos para el tratamiento de la enfermedad del Parkinson y drogas como la cocaína o las anfetaminas afectan a los circuitos neuronales que utilizan dopamina.
- Serotonina. Interviene en el apetito y el sueño, así como en la regulación de los estados de ánimo, ansiedad, miedo y agresividad. Los fármacos conocidos como inhibidores de recaptación de serotonina, como la fluoxetina —cuyo nombre comercial es Prozac— se utilizan para el tratamiento de la depresión.
- Noradrenalina. En el sistema nervioso, se encuentra sobre todo en la región conocida como *locus coeruleus*. Participa en los procesos de alerta, vigilia y excitación. En el resto del organismo, actúa como hormona aumentando el latido cardíaco y la presión sanguínea, así como la disponibilidad de energía para la respuesta fisiológica de lucha o huida.
- Glutamato. Es el principal y más abundante neurotransmisor excitador del sistema nervioso central. Está involucrado en memoria y aprendizaje y es utilizado por multitud de circuitos neuronales.
- GABA. Este es el principal neurotransmisor inhibitor del cerebro; al unirse a sus receptores detiene la comunicación en lugar de activarla. El alcohol es una droga que se une a algunos de sus receptores potenciando su efecto.

agonistas por la farmacología— de algunos receptores opioides como la heroína, la quetamina y la morfina tienen la capacidad de inducir estados de euforia.

La alegría puede presentarse también en estados patológicos como es el trastorno bipolar, donde hay oscilaciones entre estados de euforia, denominados «manía», seguidos de períodos de depresión. En la fase de manía la persona, además de presentar una gran excitación, muestra un humor elevado, optimismo, una gran actividad, gran confianza en sí misma, duerme poco y a

menudo experimenta delirios de grandeza. Tras esta fase, sobreviene un periodo depresivo asociado a la emoción contraria a la alegría: la tristeza. A lo largo de la historia, numerosos artistas han sufrido esta enfermedad: el músico romántico Robert Schumann compuso algunas de sus principales obras durante los periodos de euforia. Es probable que Vincent van Gogh y Edgar Allan Poe padecieran también esta patología.

La tristeza

«Incluso una vida feliz comporta una cierta oscuridad y el mismo término *feliz* perdería su sentido si no se viera compensada por cierta tristeza», afirmó el psiquiatra Carl Gustav Jung. En efecto, la tristeza es la emoción opuesta a la alegría, y tiene efectos dolorosos y negativos, igual que otras emociones que ya hemos examinado como el miedo o la ira. Ha sido muy estudiada porque en su versión patológica da lugar a la depresión, que puede tener efectos devastadores sobre la persona que la sufre, e incluso conducirla al suicidio.

La tristeza se caracteriza por un estado de desánimo, abatimiento, melancolía y pérdida de energía que suele reducir el nivel de actividad (al contrario que la alegría). Existen diversos grados de tristeza, desde las manifestaciones relativamente leves con las que convivimos a diario hasta la depresión severa y crónica que requiere atención médica. Aun así, no todo son inconvenientes con la depresión: los doctores Andrews y Johnson, de la Universidad de Virginia, han señalado que las personas con mayor tendencia a padecerla son más efectivas en las tareas de análisis de problemas y solucionan mejor las controversias sociales, con la contrapartida de ser más susceptibles a este trastorno.

En cuanto a los gestos faciales, todo el mundo los reconoce intuitivamente en cualquier congénere: la mirada apagada, la piel de alrededor de las cejas formando un triángulo, comisura de los labios descendente. De acuerdo con los mencionados estudios de Ekman, la respuesta corporal se caracterizaría por un aumento relativamente elevado del ritmo cardíaco y cambios muy tenues en la temperatura de las manos.

Los estudios de neuroimagen en personas tristes muestran una activación del córtex prefrontal medial, si bien en pacientes que sufren depresión hay una mayor actividad en reposo del córtex cingulado anterior, una región que estaría extensamente conectada con otras regiones del córtex frontal, hipocampo, amígdala, hipotálamo y zonas del tronco de encéfalo.

Una posible explicación del proceso depresivo podría hallarse en los fallos del sistema de gratificación cerebral. Como sabemos, el cerebro se ve obligado a trabajar duro para cumplir con todas las misiones impuestas. El premio al esfuerzo realizado es un aumento de hormonas «de la felicidad» liberadas, como la dopamina, la endorfina o la serotonina, pues estas producen sensación de placer. Pero si el sistema falla, no se produce una liberación suficiente de este tipo de hormonas, y es entonces cuando faltan estímulos para seguir esforzándonos y viviendo.

Los laboratorios farmacológicos llevan a cabo una intensa investigación para hallar remedios o al menos paliativos a la depresión. Así, los tratamientos farmacológicos han mostrado que los inhibidores de la recaptación del neurotransmisor serotonina (SSRI), como la fluoxetina, son eficaces en el tratamiento de estas enfermedades al aumentar los niveles de la serotonina, que en la depresión se encuentran muy bajos; aunque tardan varias semanas en llevar a cabo su acción terapéutica, consiguen en muchos casos mejorar notablemente la condición y calidad de vida

de estos pacientes. Se ha observado también que estos fármacos consiguen promover la neurogénesis en el hipocampo, es decir, la aparición de nuevas neuronas que reemplazan aquellas que han podido ir muriendo, y contribuyen así a optimizar la función de esta región, muy interconectada con otras como la amígdala o la corteza. Además, esto favorecería el control del eje hipotálamo-hipofisario por parte del hipocampo, lo cual restablecería un equilibrio apropiado de hormonas.

La sorpresa

La sorpresa es una de las emociones menos estudiadas desde el punto de vista de su neurobiología, probablemente porque no constituye ningún problema grave para nadie, en contraste con la angustia, la tristeza y el miedo. En una búsqueda reciente en la base de datos bibliográfica Pubmed, aparecieron 750 artículos sobre la emoción de la sorpresa, por 36 503 acerca de la emoción del miedo o 11 228 respecto a la emoción de la ira.

Algunos autores incluso cuestionan que sea una emoción primaria, al considerar que no reúne todas las características propias de las restantes emociones básicas. A diferencia de estas, la sorpresa es una emoción neutra, provocada por una situación novedosa e inesperada, y desaparece rápidamente para ser reemplazada enseguida por otras emociones. En cualquier caso, como todas las emociones, la sorpresa produce varias alteraciones en el rostro: las cejas se elevan y arquean, la piel se estira, los párpados quedan abiertos y la mandíbula suele descender, de ahí la expresión «se quedó con la boca abierta».

La sorpresa contribuye a focalizar la atención y la memoria de trabajo en la información que está siendo adquirida, con lo que

interviene en la facilitación del aprendizaje asociado a los eventos que la han causado. Desde el punto de vista evolutivo, se ha argumentado que sería ventajosa ya que focaliza la atención cognitiva en el hecho que causa la sorpresa, y en consecuencia facilita la memorización de lo que está ocurriendo. No recordamos hechos rutinarios que se repiten casi todos los días, sino aquello insólito que irrumpe inesperadamente en lo habitual. Casi todo el mundo recuerda, por ejemplo, lo que estaba haciendo en el momento de producirse el atentado en Nueva York del 11 de septiembre de 2001, pero no el día anterior ni el posterior.

En un interesante trabajo llevado a cabo por los doctores Murty, LaBar y Adcock de la Universidad de Duke, en Durham, se estudió mediante fMRI el efecto de una sorpresa durante la realización de una tarea que finalmente supondría recompensa (ganancia de dinero) o castigo (descargas eléctricas irritantes, pero no dolorosas). Mientras los voluntarios realizaban las tareas, de forma repentina, aparecía un estímulo inesperado. Dado que eran monitorizados en tiempo real, se pudo observar que en los que realizaban una tarea con motivación positiva, el estímulo inesperado (sorprendente) provocaba la activación del hipocampo, una región que participa en la memorización a largo plazo, y del córtex prefrontal ventromedial. Sin embargo, si el efecto de la tarea iba a consistir en un castigo, la sorpresa que interfería en la misma ocasionaba la activación de otras regiones del cerebro: una zona del córtex cercana al hipocampo y el córtex orbitofrontal, es decir, zonas próximas a las anteriores pero diferentes. En conclusión, la sorpresa refuerza y modifica intensamente el proceso de aprendizaje, en diferentes especies.

Esta certeza tiene implicaciones innovadoras para la actividad en las escuelas. Así, los expertos del Laboratorio de Memoria del Instituto de Biología Celular y Neurociencia (IBCN), perteneciente a la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires (UBA),

Detección inconsciente de las emociones

Hoy en día sabemos que la actividad consciente es una pequeña parte de nuestra vida mental. La información sensorial puede desencadenar cambios emocionales en el cerebro incluso sin que el individuo sea consciente de haberla recibido. Los trabajos de Arne Öhman en Suecia y Ray Dolan en Gran Bretaña han sido cruciales para comprender este fenómeno. Estos investigadores mostraban a los sujetos del experimento fotografías de personas enfadadas durante períodos de tiempo muy cortos —alrededor de 40 milisegundos— y, a continuación, les mostraban fotografías de personas inexpresivas. Cuando se les preguntaba qué habían visto, respondían que la cara inexpresiva pero no el rostro que reflejaba enfado, es decir, no eran conscientes de haber visto el estímulo del enfado. A partir de aquí, se podía efectuar un condicionamiento aversivo, relacionado con el famoso experimento de Pavlov ya mencionado. Así, al mismo tiempo que se mostraba una cara enfadada, se aplicaba una descarga eléctrica en la persona voluntaria; tras unas sesiones de entrenamiento, la persona mostraba un aumento de la conductancia eléctrica de la piel cada vez que se mostraba una cara de enfado. Si a continuación se le mostraba la cara de enfado, pero solo durante los breves 40 milisegundos e intercalada entre caras inexpresivas, se registraba un aumento en la conductancia eléctrica de la piel, a pesar de que el individuo no era consciente de haber visto la cara de enfado; es decir, se estaba provocando un cambio fisiológico a consecuencia de un estímulo que había sido percibido por el cerebro a nivel inconsciente pero no a nivel consciente. En experimentos posteriores, estos autores comprobaron que, además de la percepción fisiológica relativa al aumento en la conductancia de la piel, era posible detectar también un aumento de actividad cerebral en la amígdala.

han comprobado que puede utilizarse la sorpresa para reforzar la fijación de recuerdos en los niños. Combinan la transmisión de lo que se desea enseñar y la realización de alguna actividad novedosa no relacionada con ese contenido, una hora antes o una hora después de la clase. En un experimento con 1600 alumnos de entre siete y nueve años concluyeron que los que hacían esa actividad sorpresa retenían un 60 % más que los que no la realizaban.

Un apunte sobre emociones sociales o secundarias

Hasta aquí hemos tratado algunas de las principales emociones primarias, las que nuestra especie lleva de serie después de miles de años de evolución —son por tanto adaptativas—, y que pueden considerarse universales porque no dependen de una cultura o sistema de valores sociales.

Pero además de las emociones primarias, existen las emociones secundarias o sociales, que sí están modeladas por la cultura en la que se ha nacido. Ya no se trata de emociones innatas, sino que requieren de un determinado desarrollo cognitivo y un fondo de relaciones con otras personas: surgen, pues, del aprendizaje y la socialización —de la asimilación de las normas sociales y morales—, y están estrechamente conectadas a la autoconciencia, a la conciencia de sí misma de cada persona. A diferencia de las emociones primarias, que nos constituyen como especímenes de la raza humana, las secundarias son decisivas para formarnos como individualidades específicas y diferenciadas de los demás. Otra diferencia básica entre ambos tipos de emoción es que las primeras requieren siempre un estímulo exterior, mientras que las segundas pueden darse sin dicho estímulo.

Las principales emociones secundarias o sociales son la culpa, la vergüenza, el orgullo y los celos. Una característica llamativa de estas es su duración, muy superior a la de las emociones primarias. Estas últimas suelen disiparse en cuanto han cumplido su misión de adaptación al medio y reacción ante una situación concreta, mientras que las emociones secundarias pueden permanecer durante años y llegar a atenazar a quien las experimenta.

Conviene además recordar la diferencia básica que hay entre emoción y sentimiento. El neurocientífico António Damásio, al

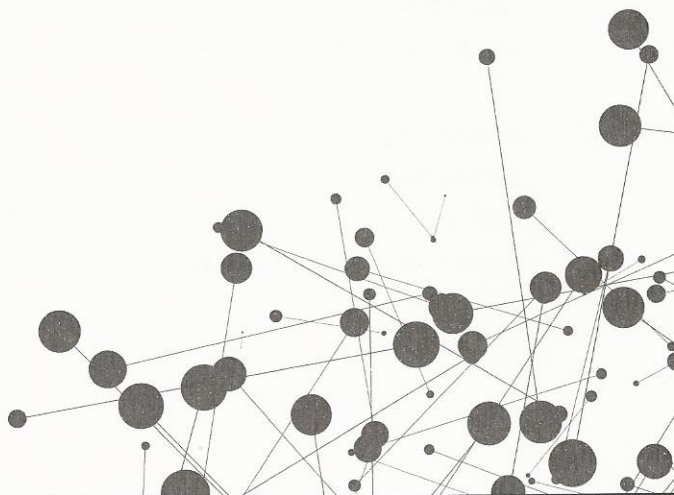
que nos hemos referido ya repetidamente, nos aclaró esta distinción en los primeros capítulos del libro. El sentimiento es la conciencia de la emoción: es un segundo momento, más elaborado y complejo que la emoción. La emoción está vinculada al cuerpo; el sentimiento, a la mente: es la emoción (estímulo y reacción física o percibida internamente en el cuerpo) más las ideas que la acompañan. Por poner un ejemplo, si en la calle presenciáramos que alguien se dirige despectivamente a una persona mayor —estímulo— experimentaríamos una emoción de ira que agitaría el estado interno de nuestro cuerpo, y la conciencia del vínculo entre estímulo y estado sería un sentimiento de indignación que probablemente nos movería a intervenir en el episodio.

El hecho de que primero se produzca la emoción y después el sentimiento puede ocasionar que no entendamos bien nuestras emociones —no sepamos si lo que sentimos ante una situación es ira, asco o miedo— y que podamos confundirlas. Más de una vez, las dificultades para entender las propias emociones pueden causar frustración en quien trata de aclararse consigo mismo, y hasta reacciones agresivas hacia los demás. Cuando un individuo es consciente del tipo de emoción que experimenta, sus lóbulos prefrontales pueden moderar su respuesta emocional. De ahí que en el desarrollo afectivo de una persona sea fundamental aprender a identificar las propias emociones y a reaccionar ante ellas de un modo consciente.

¿Y EL AMOR?

*«El amor, como ciego que es, impide a los amantes
ver las divertidas tonterías que cometen.»*

Jessica en *El mercader de Venecia*, WILLIAM SHAKESPEARE





Cuáles son las principales motivaciones de los humanos? En realidad, son simples y básicas: la búsqueda de alimento y bebida y el deseo de reproducirse. Lógicamente estas necesidades son imprescindibles para la supervivencia del ser humano y la continuidad de la especie, y han sido seleccionadas a lo largo de la evolución a través de unos mecanismos cerebrales muy potentes en los que intervienen los denominados circuitos de recompensa, que proporcionan sensaciones de bienestar y placer cada vez que el individuo obtiene comida o pareja reproductora.

Pero no hay que incurrir en un excesivo y tosco reduccionismo empobrecedor. Pocas experiencias humanas habrán recibido tanta atención a lo largo de la historia como la referente al amor romántico. Poetas, novelistas, dramaturgos, cineastas, pintores, escultores y músicos han realizado las más maravillosas obras de arte inspiradas en esta emoción. Y la movilización de todo el ser de la persona enamorada explica la abundancia de sentimientos que acompañan a esta experiencia: alegría, ansiedad, celos, tristeza, ira, culpa y arrepentimiento sacuden a quien ama intensamente.

La abundancia de fenómenos concomitantes requiere que la neurociencia examine a fondo el sentimiento del amor romántico con los mecanismos que le son propios. Así podrá aportar una perspectiva nueva a las tradicionales —las que ha ofrecido y sigue ofreciendo el arte.

El circuito de la motivación y la recompensa

Diferentes experimentos realizados en animales, pero también indirectamente en seres humanos, con el objetivo de tratar pacientes de epilepsias o narcolepsias, por ejemplo, mostraron que existe una serie de regiones del cerebro que proporcionan recompensas en forma de sensaciones placenteras que refuerzan determinados comportamientos. Estas regiones se encuentran a lo largo de las vías existentes entre neuronas que utilizan la dopamina como neurotransmisor.

James Olds y Peter Milner observaron en 1954 que la estimulación eléctrica en ciertas partes del cerebro de las ratas actuaba como un sistema de recompensa a la hora de enseñar a los animales a moverse por un laberinto o a solucionar problemas. Parecía que la estimulación les proporcionaba placer, y cuando se las introducía en una cámara en la que el mismo animal podía mover una palanca para provocarse a sí mismo esa activación, era capaz de hacerlo constante y continuamente durante horas. Luego se halló que el mediador químico de estos comportamientos era el neurotransmisor dopamina, y a partir de ahí se estableció la dopamina como el «neurotransmisor del placer». De hecho, muchas de las drogas más adictivas —cocaína y anfetaminas, entre otras— actúan sobre las sinapsis dopaminérgicas, es decir, en las que el neurotransmisor utilizado es la dopamina. Cuando a los animales de experimentación se les enseñaba a obtener estas drogas presionando una palanca, se las autoadministraban sin parar.

Ya hemos encontrado la dopamina cuando tratábamos la alegría. Los efectos que produce este neurotransmisor son muy semejantes cuando se activa en el enamoramiento romántico: gran actividad y motivación, ausencia de fatiga. Además, la circulación

de la dopamina incrementa enormemente la atención. Atención a todo lo concerniente a la persona amada, se entiende: se recuerdan detalles ínfimos de la palabras que pronuncia, las expresiones de su rostro, la ropa que lleva... Sin duda, la dopamina es el neurotransmisor que interviene de forma más decisiva en el enamoramiento. Es la que produce la euforia del proceso de conocimiento y descubrimiento de la persona amada, la que urge a repetir los encuentros. La que actúa como una droga, porque exige dosis repetidas y cada vez más altas. Literalmente, el amor es una droga, la dopamina actúa sobre las mismas regiones del cerebro y produce similares reacciones fisiológicas a las que dan lugar el consumo de cocaína, anfetaminas u otros psicoestimulantes que, de hecho, actúan sobre los circuitos de la dopamina. Si los griegos y los romanos clásicos representaban el amor romántico con el dios Eros (Cupido para los segundos), los modernos neurocientíficos asignan a la dopamina la función de lanzar el flechazo. O, ya que hablábamos de drogas, el subidón.

En seguida repasaremos qué partes del cerebro se activan y desactivan en el enamoramiento, y qué implicaciones tienen estas modificaciones. En este apartado conviene señalar ya que los principales sistemas neuronales implicados en los sistemas de recompensa son el área tegmental ventral del cerebro medio, el núcleo *accumbens*, el pálido ventral y la sustancia negra; además, participan también el hipocampo, la amígdala y el córtex prefrontal, así como otras áreas como el córtex cingulado y la ínsula. Por supuesto, la simple enumeración de estas regiones no nos explica nada sustancial acerca de la intimidad subjetiva del enamoramiento, salvo algo de suma importancia: su fuerza arrolladora, que moviliza todos los recursos del individuo.

Visión evolutiva del enamoramiento

Desde el punto de vista evolutivo, se ha propuesto que el amor romántico derivaría de los sistemas neuronales implicados en el comportamiento de cortejo en otros mamíferos; con estos mecanismos compartiría la focalización de la atención, el seguimiento obsesivo y la motivación para conseguir una pareja sexual determinada. Se trataría, en definitiva, de un mecanismo evolutivo para encontrar a aquel compañero que ofreciera las mejores posibilidades de supervivencia para la descendencia. Además, según esta interpretación, el amor romántico formaría parte del vínculo que mantiene a los progenitores unidos el tiempo necesario para que la descendencia crezca lo suficiente.

En este sentido, la monogamia parecería haber sido seleccionada positivamente en especies en las que la crianza de los hijos requiere de la cooperación de ambos progenitores. En muchas especies con relaciones de monogamia, estos vínculos de pareja se mantienen únicamente durante la época de reproducción, aunque en unas pocas permanecen estables a lo largo de toda la vida. Algunos autores han propuesto que en los humanos estos vínculos se formarían para períodos de aproximadamente tres o cuatro años, el tiempo indispensable para engendrar descendencia y que esta supere la etapa de mayor vulnerabilidad. Una vez alcanzado el objetivo, los vínculos se debilitarían y eso permitiría a ambos progenitores formar nuevas uniones con otros individuos, lo que a su vez aumentaría el número de posibilidades de éxito para sus genes en la siguiente generación, ya que así se incrementa el número de combinaciones con diferentes parejas. Por lo tanto, el amor romántico sería el resultado de una estrategia evolutiva para asegurar un vínculo entre adultos encaminado a la crianza, protección y alimentación de la descendencia, y además habría

evolucionado a partir de un sistema de vínculo mucho más antiguo: el vínculo madre-hijo. Los sistemas cerebrales implicados en ambos tipos de unión están, aunque no completamente, sí bastante compartidos, como se verá a continuación.

¿Qué zonas del cerebro se activan en los procesos amorosos?

Para estudiar el amor romántico, los neurocientíficos han empleado las innovadoras técnicas de imagen cerebral por fMRI y PET, así como la bioquímica (véase el recuadro «Técnicas de neuroimagen», en la pág. 82). Estos medios les han permitido entender la fisiología del enamoramiento, así como las partes del cerebro que se activan cuando este se produce. Sin embargo, queda mucho aún para alcanzar conclusiones significativas a partir de estos datos ciertos. Hay que admitir que, desde la perspectiva neurocientífica, es todavía muy poco lo que sabemos del amor.

Como ya se ha indicado, las áreas del cerebro que están activas en un determinado momento experimentan una dilatación de sus vasos sanguíneos para que pueda llegar oxígeno a sus neuronas. Esta tarea de transporte la realiza la hemoglobina, que oscila entre dos estados: oxihemoglobina (cuando está transportando oxígeno) y desoxihemoglobina (cuando ya lo ha cedido). Como cada uno de los estados tiene propiedades magnéticas diferentes, la técnica de fMRI permite detectar las regiones que están consumiendo oxígeno y que, por lo tanto, están metabólicamente activas.

En el caso de los procesos amorosos, ello permite hacer estudios con voluntarios a los que se les muestran imágenes de la persona amada, para a continuación analizar las regiones cerebrales que se activan. Estos estudios de neuroimagen indican un mayor

nivel de activación en el córtex orbitofrontal, en la ínsula y en el córtex cingulado, así como en el hipocampo, partes del estriado, núcleo *accumbens* e hipotálamo. En cambio, se observa una desactivación del córtex prefrontal, zonas del córtex temporal y parietotemporal, así como de la amígdala. Las áreas cerebrales que se activan durante el amor romántico están muy interconectadas con otras áreas corticales y subcorticales, por lo que la activación de unas zonas y la desactivación de otras serían procesos concomitantes. Pero ¿qué implicaciones tiene el hecho de que se activen unas regiones y se inhiban otras? Básicamente las de allanar el camino al enamoramiento, haciéndonos perder el miedo y, un poco, el juicio. Veámoslo.

La amígdala es una de las áreas que se desactiva al contemplar a la persona amada —como también sucede durante la eyaculación masculina—, lo que daría lugar a una disminución del miedo, una característica que se da en las primeras fases del enamoramiento. Recordemos que la amígdala, además de ser un fundamento básico de nuestra vida emocional, es la encargada de almacenar las reacciones de miedo.

El amor también provoca cambios en los criterios de evaluación de otras personas, tarea en la que participa el córtex prefrontal, responsable de los procesos de análisis juiciosos —recordemos el caso de Phineas Gage y los otros casos descritos por António Damásio— y que ante la visión de la persona amada se desactiva. Esto tal vez podría explicar el estado de alteración y obnubilación que se observa en los recién enamorados: aquí tendríamos por lo tanto una base neuronal para el dicho de que «el amor es ciego». La atracción sexual también desactiva algunas regiones en el córtex prefrontal que coinciden con las áreas desactivadas en el amor romántico, lo que tal vez daría lugar a conductas que en otras circunstancias el individuo no mostraría. Así que la ciencia avala nuestra percepción

de que el amor es a menudo irracional, pues las regiones cerebrales implicadas en los análisis racionales están desconectadas o al menos no están funcionando con el mismo grado de eficiencia.

Es interesante señalar la notable coincidencia que se da entre las áreas activadas en el amor romántico y en el amor maternal, pues ambos activan el sistema de recompensa de la dopamina, y el patrón de desactivación de áreas cerebrales es también muy similar. Cuando se comparan las regiones cerebrales activadas en una madre que visualiza fotografías de su hijo con las que se activan cuando observa fotografías de otros niños de la misma edad, se constata que los patrones de regiones activas son similares, aunque no idénticos a los del amor romántico. El estriado, por ejemplo, está activado en ambos casos, pues forma parte del circuito de recompensa, y el córtex frontal está desactivado también en ambos casos. La mayor parte de las regiones cerebrales que contienen receptores para la dopamina, oxitocina y vasopresina —a continuación se verá qué papel desempeñan estas dos últimas hormonas— están activas en ambos tipos de amor. Ahora bien el hipotálamo está activado en el amor romántico y en la atracción, pero no en el amor maternal, lo que podría tener implicaciones fisiológicas y de comportamiento relacionadas con el cortejo y el apareamiento. Además, en el amor materno se activan áreas relacionadas con el reconocimiento visual facial, lo que permitiría a la madre poder reconocer mejor a su hijo entre todos los niños de edades similares.

La química del amor

La pasión amorosa crea sensaciones de euforia, alegría y felicidad especialmente intensas. Las técnicas de neuroimagen han mos-

trado una intervención de los circuitos de recompensa, regiones activadas que presentan altas concentraciones de dopamina, un neurotransmisor asociado —como ya sabemos— con la recompensa, el deseo, la adicción y los estados de euforia, y que es liberada en el núcleo *accumbens*. El aumento en los niveles de dopamina no solo genera bienestar sino que además esta parece estar relacionada con la creación de relaciones y con el sexo. De hecho, hay quien dice que el amor sería un tipo de comportamiento adictivo.

Hay otros dos moduladores químicos asociados de forma notable con el amor romántico; en este caso, se trata de dos hormonas, la oxitocina y la vasopresina, que son producidas en el hipotálamo y después circulan por otras partes del cerebro. Ambas parecen estar involucradas en los procesos de establecimiento de vínculo y apego, se producen en el hipotálamo, se liberan en la glándula pituitaria (o hipófisis) y luego se incorporan a la circulación sanguínea, especialmente durante el orgasmo en ambos sexos y durante el parto y la lactancia en el caso de la mujer. La oxitocina también desencadena la contracción muscular durante el parto y la liberación de leche materna durante la lactancia, mientras que la vasopresina es importante para el mantenimiento de la presión sanguínea y la función cardiovascular. Hay receptores para ambas hormonas en numerosas partes del organismo además de en el cerebro. La concentración de estos dos neuromoduladores, vasopresina y oxitocina, aumenta durante la fase de apego romántico intenso y emparejamiento.

Sin embargo, la oxitocina y la vasopresina tienen efectos diferenciales en la amígdala, cuya destacada función en la regulación de las emociones ya se ha visto. Por un lado, la oxitocina tiene efectos sedantes, relajantes y ansiolíticos que hacen que el individuo se sienta bien cuando está junto a la persona amada, y tiene efectos equivalentes en la relación materno-filial, durante la lactancia. La

vasopresina, por el contrario, provoca un aumento del miedo, de la respuesta al estrés y del aprendizaje por aversión. Además, parece que la oxitocina afecta más a las mujeres y la vasopresina a los hombres, lo que explicaría también algunos comportamientos masculinos frente a otros hombres en la fase de enamoramiento. En todo caso, algunos estudiosos han planteado la hipótesis, todavía no confirmada, que ambos neurotransmisores son fundamentales en las fases más maduras del amor, esto es, en el afecto duradero, pasado ya el apasionamiento inicial (véase el epígrafe «Evolución bioquímica de una relación romántica», en la pág. 112).

Monogamia o promiscuidad: ¿una cuestión de hormonas y receptores?

El debate de si los humanos son monógamos o promiscuos por naturaleza se mantiene desde hace tiempo, y los partidarios de ambas opciones cuentan con sus respectivos arsenales de argumentos y demostraciones más o menos serias y contrastadas, empíricas o ideológicas. Aquí proponemos arrojar luz sobre tan crucial asunto mediante la experimentación científica verificable.

Los efectos de la oxitocina y la vasopresina se han estudiado en dos especies de roedores muy parecidas, pero con comportamientos diametralmente opuestos: una es monógama y la otra promiscua. El topillo de las praderas (*Microtus oregonaster*) es una especie que tras el apareamiento establece relaciones monógamas de por vida, incluso tras la muerte de la pareja; el superviviente mantiene un estricto luto y ya no busca nuevas compañías. Por el contrario, el topillo de las montañas (*Microtus montanus*) muestra comportamientos promiscuos. Cuando se analizan desde el punto de vista molecular, se observa que tanto la oxitocina

como la vasopresina son liberados en estos animales cuando tienen un intercambio sexual. Si se bloquea la liberación de oxitocina y vasopresina en los topillos de las praderas, se vuelven promiscuos como sus parientes; y si se les inyectan ambas hormonas pero se les impide tener sexo, continúan siendo fieles a su pareja y mantienen una relación casta. Se podría esperar, por tanto, que se produjera una situación equivalente en los topillos de la montaña, pero en su caso, aun cuando se les inyectan estas dos hormonas, conservan su alegre estilo de vida. La situación es más compleja de lo que podría parecer, ya que no depende exclusivamente de la presencia o ausencia de las dos hormonas.

Para entender el efecto de estas dos moléculas hay que estudiar sus receptores. Como para cualquier otra hormona, la oxitocina y la vasopresina llevan a cabo su función uniéndose a receptores que están en la membrana de células diferentes de aquellas de donde provienen, por lo que el efecto biológico final depende tanto de la hormona implicada como del receptor de la célula. El topillo de las praderas presenta abundancia de receptores para vasopresina y oxitocina en el sistema de recompensa del cerebro, especialmente en el córtex y el núcleo *accumbens*, la amígdala —que está implicada en la formación de memoria asociada a emociones, como se verá en el próximo capítulo— y el pálido ventral. Sin embargo, el topillo de las montañas presenta mucha menor cantidad de receptores para estas hormonas. Esto explicaría que, aun habiéndole inyectado dichas hormonas, no se volviera monógamo. Altos niveles de receptores de oxitocina y vasopresina se dan también en otra especie monógama oriunda de Brasil, el tití común *Callithrix jacchus*.

Así, los circuitos de recompensa regularían este comportamiento monógamo o promiscuo a través de los receptores presentes para oxitocina y vasopresina; de manera que un nivel elevado de receptores daría lugar a un comportamiento de fidelidad, mientras

que un nivel bajo ocasionaría una tendencia promiscua, lo que a su vez estaría regulado genéticamente. Un trabajo reciente firmado por los doctores Wang y Kabbaj, de la Universidad de Florida, demuestra que los efectos de la oxitocina se mantendrían por factores epigenéticos, es decir, la exposición a la oxitocina modificaría químicamente una serie de genes diana que serían los responsables del comportamiento monógamo y que se mantendrían así durante largos períodos de tiempo e incluso en toda la vida del animal.

Otras moléculas implicadas en el amor romántico son la serotonina, el cortisol y la testosterona. La serotonina es un neurotransmisor principalmente inhibitorio implicado en la regulación de la ansiedad, el apetito, el sueño o la agresividad. Se encuentra una disminución de los niveles de serotonina en el trastorno obsesivo-compulsivo, en la depresión y en los trastornos de ansiedad, así como —atención— en las primeras fases del amor romántico. De hecho, las primeras fases del amor romántico comparten algunos síntomas del trastorno obsesivo-compulsivo, como ansiedad, estrés, pensamiento recurrente, tal como demostraron en un trabajo muy interesante la doctora Mazzilli y sus colaboradores en 1999. Además, dado que la serotonina está implicada en el apetito y en la regulación del estado de ánimo, la disminución de dicho neurotransmisor explicaría la falta de apetito y los bruscos cambios de humor de los recién enamorados.

Por su parte, el cortisol es una hormona asociada a los procesos de estrés, y así mismo aumenta en las primeras fases del amor romántico. Parece ser que estos niveles aumentados de cortisol serían necesarios para superar la neofobia, el temor a lo nuevo.

La testosterona, a su vez, es una hormona producida por los testículos de los hombres y los ovarios de las mujeres, y está implicada en el mantenimiento de los caracteres sexuales secundarios en los adultos masculinos, como la voz grave, el vello corporal,

una mayor musculatura y agresividad para conservar su pareja, y el desarrollo de su sistema reproductivo. De la misma manera, interviene en la atracción sexual. Al principio de una relación romántica se dan unos niveles de testosterona bajos en el hombre y altos en la mujer; estas diferencias también desaparecen al cabo de entre 12 y 24 meses, lo que podría explicar el relativo desinterés sexual de algunos hombres recién enamorados que parecen sentir tan solo un amor sentimental e idealista por la persona elegida.

Evolución bioquímica de una relación romántica

Los psicólogos han definido tres fases diferentes en las relaciones románticas: la primera sería el enamoramiento, la segunda el amor pasional y la tercera correspondería a la etapa de fijación y apego (afecto estable). El enamoramiento duraría relativamente poco, cerca de medio año, y se caracterizaría por ser una etapa de estrés y tensión, donde aparecerían por un lado niveles elevados de cortisol y de NGF (proteína que funciona como factor de crecimiento nervioso) y, por otro, niveles relativamente bajos de testosterona, de FSH (hormona estimulante folicular) y de serotonina. En un interesante estudio realizado en 2006 en la Universidad de Pavía por E. Emanuele y sus colaboradores, se analizaron los niveles en sangre de un factor de crecimiento, el NGF, en individuos que se habían enamorado recientemente y en individuos solteros o que tenían una relación estable. Se encontró que los niveles de NGF en los recién enamorados eran casi del doble que en el resto de la población, y de nuevo, al cabo de un período de entre uno y dos años los niveles de NGF volvían a ser normales en estas personas, siendo indistinguibles de los que mostraban los individuos solteros o en una relación estable larga.

En la segunda etapa, que duraría de uno a tres años, aparecen sentimientos de calma, seguridad y equilibrio, se restablecen los niveles normales de cortisol y serotonina, el estrés disminuye y tanto la oxitocina como la vasopresina son altos en esta fase y contribuyen a la formación de vínculos fuertes en la pareja.

Finalmente, en la tercera fase disminuye la pasión y permanecen el compromiso y la intimidad, sustentados también por elevados niveles de oxitocina y vasopresina. La transición desde la etapa pasional a la del amor comprometido es particularmente frágil y muchas parejas rompen en esta fase. Sin embargo, también hay parejas que declaran seguir apasionadamente enamoradas después de más de 20 años de matrimonio, e incluso después de más de 50 —al borde de la muerte prácticamente—, lo que indica que algunas relaciones se mantendrían en las fases iniciales durante períodos de tiempo considerablemente largos; quizás la epigenética proporcione, en los próximos años, alguna explicación molecular a este hecho.

Expectativas en la aplicación de la neurociencia al amor

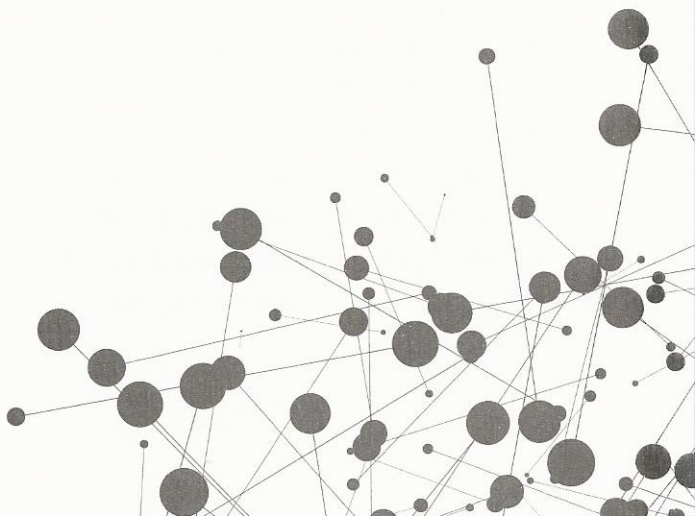
Uno de los campos de aplicación de la neurociencia en el que más expectativas se han generado es el de las relaciones amorosas. Hay quien cree que el conocimiento del funcionamiento del cerebro, de los componentes neurobiológicos de las emociones y de los sentimientos, puede producir mejoras en la vida sentimental de las parejas.

Para empezar, las esperanzas se cifran en la elección del compañero o compañera idóneos. Tal vez ya sean pocos los que esperen encontrar el príncipe azul o la princesa rosa, pero no ha

desaparecido el deseo de hallar a la media naranja que encaje a la perfección con la propia personalidad. Y el avance de la neurociencia ha alentado las aspiraciones a encontrar este complemento ideal. Pero cualquier científico serio desaconsejaría tajantemente hacerse demasiadas ilusiones en este sentido, advertiría que la ciencia puede llegar a explicar los fenómenos afectivos, pero que las vivencias y la construcción de relaciones personales profundas son una cuestión de tiempo.

Sin embargo, sabemos que la divulgación científica poco rigurosa y con afanes de lucro lleva a confusión. Así, han aparecido lugares de citas en internet (de pago) que prometen facilitar el contacto con la persona idónea no solo a través de la elaboración de perfiles psicológicos, sino utilizando además tests basados en la neurobiología, en los que los niveles de dopamina, oxitocina y vasopresina se estiman a partir de exámenes de personalidad o aplicando la relación entre dedo índice y anular como una medida de la exposición a la testosterona en el útero, con el argumento de que la pareja así encontrada será compatible química y neurobiológicamente. Estos argumentos pueden ser buenos para vender su producto pero no se sustentan científicamente, dada la enorme complejidad de los factores bioquímicos, anatómicos y funcionales involucrados en el proceso amoroso que, por otra parte, estamos solo empezando a conocer. Aplicar lo poco que conocemos actualmente implicaría conocer las concentraciones reales de estos compuestos (medidas analíticamente, no estimadas a partir de unas preguntas) en las zonas del cerebro adecuadas en los periodos de tiempo concretos, algo que está por encima de lo abordable en laboratorios, ni siquiera en animales de experimentación (no digamos ya en clientes que rellenan un cuestionario por internet). Por no hablar del enorme empobrecimiento de la experiencia amorosa que supondrían estos métodos.

**EL IMPACTO DE
LAS EMOCIONES
EN LA MEMORIA,
LA COGNICIÓN
Y LA TOMA DE
DECISIONES**



Durante mucho tiempo se ha insistido en la faceta racional del ser humano —«el hombre es un animal racional»— aislándola de los aspectos emocionales, como si los ámbitos de la racionalidad y de las emociones fueran dos compartimentos estancos, aislados entre sí. De ahí que en tiempos afortunadamente superados se primara en muchos ámbitos el mero estudio memorístico, o se recomendara pensar fríamente y desapasionadamente, sin dejarse llevar por los sentimientos, antes de tomar una decisión. Se creía incluso en la existencia de algo así como un conocimiento objetivo, independiente de la carga subjetiva de la persona que observaba.

Hoy somos más lúcidos y comprensivos, entendemos mucho mejor procesos mentales como la memoria, el conocimiento y la toma de decisiones, y sabemos que las emociones tienen una profunda influencia en el modo en que estos se desarrollan. La experiencia personal ya nos indica que recordamos de manera especial aquello que nos ha concernido personalmente, y que olvidamos con facilidad aquello aprendido en un descarnado ejercicio de memoria. Que no tomamos decisiones —sean trascendentales o no; el cerebro toma miles de decisiones cada día de nuestra vida— solo sopesando los pros y los contras de las opciones hasta llegar a la decisión óptima, sino también movidos por intuiciones y pulsiones conectadas a las emociones, es el secreto que explica cómo actuamos en cada momento.

Memorias prodigiosas y memorias desconcertantes

Y está muy bien que la memoria no sea una capacidad independiente y absoluta, que no vaya por libre. Lo contrario sería una monstruosidad y un castigo, como nos lo advierte Jorge Luis Borges en su relato «Funes el memorioso», cuyo protagonista puede recordarlo absolutamente todo, sin olvidar nada, con el más mínimo detalle, por lejano que esté en el tiempo: «Sabía las formas de las nubes australes del amanecer del 30 de abril de 1882 y podía compararlas en el recuerdo con las vetas de un libro en pasta española que solo había mirado una vez y con las líneas de la espuma que un remo levantó en el Río Negro la víspera de la acción del Quebracho. Esos recuerdos no eran simples; cada imagen visual estaba ligada a sensaciones musculares, térmicas, etcétera. Podía reconstruir todos los sueños, todos los entresueños». Una memoria prodigiosa, ciertamente, pero nada envidiable, que nadie desearía para sí, porque es impersonal y antivital. «Más recuerdos tengo yo solo que los que habrán tenido todos los hombres desde que el mundo es mundo», dice Funes sin presunción, pero añade: «Mi memoria, señor, es como vaciadero de basuras». La mera acumulación de recuerdos, de datos, nos despersonalizaría. La memoria humana requiere unos recuerdos individuales, vividos. Nunca será como la de un ordenador, ni como la de Funes.

Ha habido algún caso de memoria funesiana. En la década de 1920, el psicólogo Alexander Luria conoció un caso comparable. Solomon Shereshevsky era un periodista que cubría una charla del doctor Luria, aunque al contrario que el resto de periodistas, no tomaba notas. Luria le preguntó por qué no apuntaba nada, y quedó perplejo al descubrir que el periodista era capaz de repetir palabra por palabra todo su discurso. Aquel día empezó una

colaboración de más de treinta años en los que el psicólogo lo sometió a múltiples pruebas, en las cuales siempre mostraba una capacidad de memoria asombrosa: enormes listas de números, poemas en lenguas extranjeras, e incluso listas que había aprendido quince años antes eran recordadas perfectamente. Sin embargo, no todo eran ventajas para esa capacidad memorística tan extraordinaria; de hecho, en el día a día, le planteaba muchas dificultades. Le costaba comprender el significado de un relato, ya que cada palabra le evocaba numerosas vivencias o sensaciones y no conseguía concentrarse en la idea fundamental del texto; tampoco podía mantener una conversación normal ya que recordaba hechos sin importancia que interferían con el nudo principal de la conversación. El doctor Luria le diagnosticó una forma de sinestesia, es decir, una interferencia de los sentidos —un sinestésico puede oír colores o ver sonidos—, porque Shereshevsky asociaba a cada dato, número o palabra algún tipo de imagen que le ayudaba a recordar. El número dos, por ejemplo, era «plano, rectangular y de color blanquecino». El ex periodista intentó ganarse la vida con esa memoria prodigiosa actuando en espectáculos, pero arrastraba la dificultosa traba de no poder olvidar aquello que aprendía. Finalmente, acabó trabajando como taxista, y seguramente su memoria le fue útil para su nuevo trabajo. Dejó escrito que al final de su vida podía concentrarse en olvidar y llegaba a conseguirlo; sin duda, mucha información irrelevante que había almacenado interfirió en su vida y le impidió llevar una existencia tranquila. Murió en 1958.

También han existido casos opuestos. A diferencia del ficticio Funes y del histórico Shereshevsky, de cuyo cerebro físico no sabemos nada, el siguiente episodio biográfico arroja luz sobre la repercusión que las afectaciones en el soporte material cerebral tienen para las diversas funciones de la mente, y en concreto la

memoria. (Ya sabemos por Phineas Gage que los accidentes y las correspondientes disfunciones pueden ser muy reveladores.) En 1953, se sometía a una operación quirúrgica un joven de 27 años que sufría de una epilepsia intratable atribuida a un accidente de bicicleta acaecido en su niñez. Desde la adolescencia, la epilepsia se había agravado y en el momento en que se decidió operarlo, ya no podía llevar una vida normal. En el hospital de Hartford, Connecticut, donde se realizó la intervención, localizaron su epilepsia a nivel del lóbulo temporal y decidieron extirparle esta zona del cerebro en ambos lóbulos; en total, se le seccionaron unos ocho centímetros. Como consecuencia de la operación, Henry Molaison —su verdadero nombre se conoció tras su fallecimiento en 2008— perdió unas dos terceras partes del hipocampo y de la amígdala, así como una considerable parte del córtex entorrinal. A primera vista, la intervención fue un éxito: el paciente se recuperó y mejoró de las convulsiones epilépticas. Sin embargo, no tardó en mostrar síntomas de una amnesia anterógrada severa y profunda, es decir, no conseguía recordar nada nuevo a partir del día de la operación. La gravedad de su pérdida de capacidades memorísticas era tal que la doctora Brenda Milner, que lo estuvo visitando durante muchos años regularmente, tenía que presentarse cada vez que quedaba con él, ya que para el paciente era la primera vez que se encontraba con esta persona, y así para todo cuanto ocurría en su vida.

Curiosamente, su memoria de trabajo no estaba afectada, y era capaz de recordar listas de números durante breves períodos de tiempo, pero lo olvidaba todo casi al instante, es decir, en cuanto se distraía mínimamente no solo olvidaba el número sino también que se le había pedido que lo recordara. Es decir, como consecuencia de la supresión de estas zonas de su cerebro, se había vuelto incapaz de almacenar nueva información y de convertir

una memoria a corto plazo en una memoria a largo plazo. Ni siquiera podía reconocerse a sí mismo en fotografías en las que aparecía junto a su madre; reconocía a su madre pero no a sí mismo. Cuando se le preguntaba la edad que tenía y el año en que estaban, respondía invariablemente que 27 años y 1953. Mantenía intacta la función del lenguaje, tanto de comprensión como de expresión.

Respecto a su condición emocional, sus reacciones solo se producían mientras estaba presente el estímulo causante, pero no más allá; si se le decía que había muerto un familiar querido tenía una reacción intensa que se repetía posteriormente si se le daba de nuevo la noticia. Conservó la capacidad de aprender habilidades motoras, fue capaz de trabajar y recibir un salario como empaquetador, y entre las numerosas pruebas que se le hicieron, mostraba buena capacidad de aprender a dibujar mirando a través de un espejo. Respecto a su vida anterior, recordaba bastante bien su biografía hasta los 16 años, pero solamente en parte recordaba los sucesos ocurridos entre esta edad y el momento en que fue operado. Después de la operación preguntaba qué hacía y por qué estaba en aquella habitación, aunque podía reconocer, eso sí, que estaba en un hospital. Este paciente tuvo una larga vida, falleció con más de 80 años, en 2008, tras lo cual su cerebro fue extraído y analizado. En el congreso de la Society for Neuroscience de 2010 se presentó un estudio extenso sobre la afectación anatómica que había sufrido y cómo habría repercutido en sus problemas de memoria.

Este desgraciado caso mostró la importancia de las estructuras cerebrales mencionadas para la conversión de memoria a corto plazo en memoria a largo plazo y también ilustra que hay diferentes regiones involucradas en los procesos de aprendizaje con diferentes funciones. La memoria procedural (habilidades)

no se vio afectada en esta persona a consecuencia de la extirpación del hipocampo y, sin embargo, la memoria semántica, declarativa, aquella que hace referencia a lugares, fechas, personas, casos, acontecimientos, etcétera, quedó profundamente trastornada.

Pero lo que aquí nos importa más es qué papel desempeña la emoción en los procesos de establecimiento de memoria. Como se ha comentado anteriormente, nuestra propia experiencia personal nos indica que aquella información que está asociada a una emoción es recordada con mayor eficacia; si sufrimos una herida o un accidente, los acontecimientos que lo causaron serán recordados para evitar el daño en el futuro. A fin de estudiar la influencia de la emoción en la memoria se han desarrollado diferentes tipos de pruebas, tanto para voluntarios humanos como para animales empleados en experimentos. Estas pruebas han permitido distinguir diferentes fases en el proceso de la memorización: codificación (o registro), consolidación y almacenamiento y, finalmente, recuperación de los recuerdos.

En la codificación, el componente emocional interviene focalizando la atención sobre un objetivo; por ejemplo, las víctimas de un ataque armado suelen enfocar su atención en el arma, no en el rostro del atacante. En cuanto a la consolidación, se ha comprobado que es facilitada por moléculas asociadas al estrés —cortisol, adrenalina y noradrenalina—, ya que si después de un período de entrenamiento son inyectadas a animales sometidos a experimentos, estos mejoran el proceso de aprendizaje, mientras que fármacos como el propanolol, que antagoniza el efecto de la adrenalina y noradrenalina, provocan el efecto contrario. Se han inyectado anfetaminas en la amígdala y en el hipocampo de animales de experimentación y, en general, se ha comprobado que potencian la consolidación de la memoria. En humanos, se ha observado que los detalles asociados a un componente

Tipos de memoria

Hay diferentes tipos de memoria. En el aspecto temporal se puede distinguir entre memoria a corto plazo, que abarca desde fracciones de segundo a unos segundos, y memoria a largo plazo, que puede almacenar la información durante días, meses e incluso durante toda la vida de una persona. La memoria a largo plazo implica la síntesis de nuevas proteínas, y si esta síntesis se impide con ayuda de fármacos, este tipo de memoria queda anulada.

Además, encontramos la memoria declarativa, que hace referencia a la información que almacenamos sobre conceptos y lenguaje —denominada memoria semántica—, así como sobre personas, lugares, fechas y acontecimientos —conocida como memoria episódica— que podemos explicar con el lenguaje; en ella interviene la conciencia. Por el contrario, la memoria no declarativa o procedimental hace referencia a habilidades motoras como montar en bicicleta, dibujar mirando un espejo, resolver rompecabezas, etcétera, que suelen ser inconscientes. Las estructuras cerebrales que intervienen en ambos tipos de memoria son diferentes y puede alterarse uno de los dos sin que el otro resulte seriamente afectado.

Entre la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo se halla la memoria de trabajo, gracias a la cual la información se puede manejar durante un período variable que abarca de unos pocos segundos a unos minutos, como se podría necesitar para encontrar un objeto perdido en una habitación. Aquí interviene la región del cerebro correspondiente al córtex prefrontal.

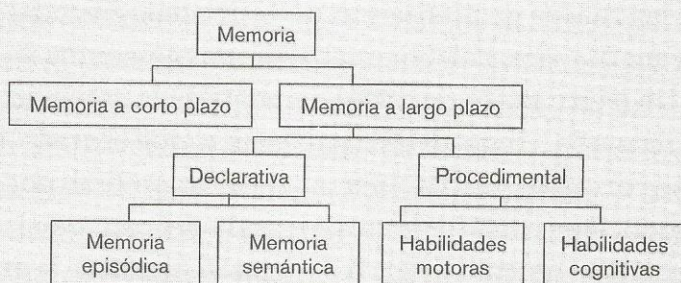


Figura 15: Organización de los tipos de memoria. Según el aspecto temporal, la memoria puede ser a corto plazo o a largo plazo.

emocional se recuerdan con mayor facilidad. Así, si a dos grupos de voluntarios se les explican dos historias que comienzan y acaban igual, pero la historia de un grupo tiene una parte central repleta de detalles impactantes como accidentes, lesiones y operaciones, mientras que en la del otro grupo la parte central es bastante neutra, se observa que al cabo de varios días aquellos a los que se les explicó la historia con contenido emocional recuerdan muchos más detalles de la historia, tanto centrales como colaterales, que los integrantes del otro grupo. Curiosamente, cuando este ejercicio se les plantea a personas con lesiones en la amígdala, suelen recordar más o menos los mismos detalles tanto de la historia emocionalmente negativa como de la neutra.

Una fase distinta consiste en la recuperación de la memoria para utilizarla en una situación determinada, como puede ser un examen. En este caso, el papel del estrés no es tan favorable y diferentes experimentos en animales y también en seres humanos indican que las moléculas relacionadas con la tensión emocional tienen un papel negativo a la hora de recuperar la información. ¿Quién no ha visto alguna vez a alguien que se quedaba en blanco o era incapaz de contestar a una pregunta que sin duda sabía responder?; las ruedas de prensa son un testimonio frecuente de la angustia que atenaza a algunas personas en momentos de fuerte tensión. Un cierto grado de estrés aumentaría la atención y facilitaría el recuerdo, como en un examen en el que el grado de tensión no sea excesivo, pero si supera un cierto umbral, podría ser contraproducente e inhibir la recuperación del recuerdo.

Si el almacenamiento de los recuerdos depende de la amígdala, su recuperación parece ser más bien tarea del hipocampo. En esta fase de recuperación los efectos del estrés crónico son nocivos, ya que provocan una menor arborización dendrítica de las neuronas, muerte celular y menor neurogénesis, esto es, menor

formación de nuevas células, un proceso que, según se sabe hoy en día, tiene lugar en el hipocampo durante toda la vida del individuo. Estos datos concuerdan con lo observado en pacientes de estrés postraumático, que presentan un hipocampo de menor tamaño, presumiblemente debido al estrés crónico sufrido.

Reconsolidación de las memorias

¿Cómo se podrían aplicar los conocimientos que se van generando en relación a la memoria emocional para proporcionar algún tipo de terapia a los pacientes con estrés postraumático? Se ha comprobado que la administración de propanolol junto con el proceso de recuerdo del suceso traumático consigue mejorar las respuestas fisiológicas asociadas a ese recuerdo posteriormente; y los propios pacientes mencionan que el tratamiento les permitió vivir mejor con esos recuerdos traumáticos. La posibilidad de modificar los recuerdos causantes de estos estados daría como resultado un efecto terapéutico. En animales se ha comprobado que la utilización de modelos de miedo condicionado permite modificar las asociaciones, de forma que la aplicación reiterada del estímulo neutro, sin el estímulo aversivo, consigue extinguir el comportamiento de miedo asociado, aunque no borrarlo completamente, ya que en situaciones de estrés, la memoria condicionada reaparece. Resulta alentador comprobar que, si se activa un recuerdo del acontecimiento que provocó el miedo condicionado justo antes del entrenamiento de extinción del miedo, y siempre que ambos tengan lugar en un breve lapso de tiempo —alrededor de diez minutos—, se consigue eliminar las respuestas fisiológicas del miedo condicionado, según se ha comprobado tanto en modelos animales como en humanos. Esto abre la puerta a la

posibilidad de ayudar a superar traumas a las personas que sufren de estrés postraumático.

Los casos mencionados han servido para ilustrar la importancia de zonas concretas del cerebro que participan en la memoria, pero la información propiamente dicha, ¿dónde se guarda? ¿Cuál es el lugar del cerebro donde está almacenada? Para intentar contestar a esta pregunta se han realizado experimentos de fMRI en los que se muestran a voluntarios imágenes como casas, rostros o sillas y se comprueba que cuando los están observando se activa el córtex occipital (la región correspondiente al área visual). Posteriormente, cuando se les pide a los voluntarios que recuerden las imágenes que han visto, la región que se activa es la del córtex visual. Parece, por lo tanto, que la información estaría almacenada y distribuida por toda la corteza, que el hipocampo participaría en su consolidación y en la recuperación de la misma, y que la amígdala proporcionaría el componente emocional que incrementaría y haría más eficiente su almacenamiento.

Así pues, a pesar de que tan solo se está comenzando a entender cómo funcionan los procesos de establecimiento, consolidación, almacenamiento y recuperación de las memorias, se van aclarando varias cuestiones: la información estaría dispersada por diferentes lugares de la corteza, el hipocampo desempeñaría un papel clave en la conversión de la memoria a largo plazo y en la recuperación de datos, lugares, hechos... y además la amígdala también colaboraría con el hipocampo suministrando un componente emocional; el estrés y las moléculas asociadas al mismo facilitan la memorización pero no tanto la recuperación de la información, y de hecho pueden llegar incluso a ser contraproducentes. La alteración por enfermedad o trauma tanto de la amígdala como del hipocampo tiene efectos deletéreos sobre el proceso memorístico.

Cognición y emoción

Durante bastante tiempo, la idea subyacente en el estudio del cerebro ha sido la de especialización funcional de diferentes áreas, de tal forma que habría unas áreas encargadas del control del lenguaje (áreas de Broca y de Wernicke), otras zonas encargadas del control motor, de la percepción visual, auditiva, etcétera. Estas ideas se establecieron a partir del estudio de lesiones que daban lugar a diferentes problemas, como la mala articulación de las palabras, y también de la influencia de unos célebres trabajos de Wilder Penfield y de sus colaboradores en la década de 1950, que consistían en estimular con electrodos diferentes regiones de la corteza cerebral mientras el paciente estaba siendo operado sin anestesia general. Como el paciente estaba consciente, podía preguntársele qué sensaciones tenía tras cada estímulo, y así describía destellos de luz si se estimulaba la región posterior del cerebro, zumbidos si se aplicaba corriente en la región lateral o pequeños movimientos según la zona que se estimulara. Estos estudios hicieron pensar en una división del cerebro en regiones especializadas en diferentes funciones, ideas que han estado muy arraigadas en los investigadores hasta la actualidad.

Sin embargo, casos como el mencionado de Phineas Gage, o el del paciente Elliot de António Damásio, mostraron que la lesión de zonas concretas del cerebro tales como el córtex prefrontal podían dar lugar a importantes cambios emocionales y también cognitivos. Hoy en día se sabe que las regiones cerebrales implicadas en la emoción también están implicadas en la cognición, y viceversa: son circuitos neuronales distintos pero interdependientes. Por eso, como hemos venido advirtiéndolo, resulta absurdo tratar las decisiones como fenómenos de pura racionalidad, despojados de su contexto emocional.

La cognición implica procesos como memoria, atención, percepción, lenguaje, resolución de problemas y planificación a medio y largo plazo. El estado emocional condiciona todos estos procesos cognitivos, entre otras cosas, porque la atención y la percepción son los primeros pasos de todo proceso cognitivo y ambos se regulan por la emoción.

La amígdala en los procesos cognitivos

Ya hemos visto que la amígdala es una región asociada al procesamiento del miedo, de hecho se ha calificado a esta región como el centro del miedo del cerebro. Pero la amígdala también participa en la atención y el aprendizaje asociativo. De hecho, el incremento de la significación afectiva de un estímulo, por ejemplo, mediante una descarga eléctrica, es dependiente de la amígdala y tiene efectos similares a un aumento de la atención. Utilizando este modelo experimental, los investigadores han podido demostrar que la amígdala tiene una función crucial en los procesos de adquisición, almacenamiento y expresión de las respuestas al miedo condicionado. En concordancia con estos resultados, se observa que en pacientes con lesiones en la amígdala no se da esta respuesta condicionada respecto a los cambios en la conductancia de la piel, pero mantienen intacta su capacidad de aprender y saben que a continuación del estímulo neutro llegará el estímulo desagradable. Por el contrario, en pacientes con lesiones en el hipocampo pero cuya amígdala está intacta se ve el patrón opuesto, hay cambios fisiológicos que demuestran que ha realizado la asociación pero no hay un conocimiento explícito de dicha asociación.

La amígdala está conectada con muchas de las regiones encargadas de procesar la información, lo que explica su capacidad de

influir en la percepción vinculada a la emoción. Tal y como se ha comentado en capítulos anteriores, la amígdala se activa cuando el individuo ve caras con expresión de miedo mostradas de forma subliminal, es decir, sin que el individuo sea consciente de que las ha visto. También se ha comprobado que los estímulos amenazantes son identificados más rápidamente que los neutrales. Varios estudios muestran que la respuesta emocional a un estímulo se procesa de forma automática, ya que la activación inmediata de la amígdala facilitaría una reacción rápida en caso de peligro potencial.

Se piensa que la amígdala, mediante la modulación de regiones corticales sensoriales, modifica la atención y la percepción. En otros experimentos basados en el modelo de miedo condicionado, se ha descubierto que sonidos que normalmente no son recordados o bien olores que no son discriminados —por ser moléculas enantiómeras, es decir, muy similares pero no idénticas— pasan a ser perfectamente identificados cuando se somete al individuo a un entrenamiento de miedo condicionado.

De acuerdo con estas ideas, se ha comprobado que el córtex visual se activa de forma correlacionada con la activación de la amígdala ante la visión de determinadas imágenes. Se realizó un experimento aplicando técnicas de fMRI a tres grupos de pacientes: individuos del grupo control, pacientes con daño en el hipocampo y pacientes con daño tanto en el hipocampo como en la amígdala. A los sujetos se les presentaban imágenes de caras con expresiones de miedo y su reacción se comparaba a la que manifestaban frente a caras con expresiones neutrales. De esta forma, se observó que en los individuos de control había un aumento de la actividad del córtex visual junto con la amígdala, es decir, que correlacionaban ambas actividades, cuando se les mostraban caras de miedo; estos resultados también se daban en pacientes con lesiones en el hipocampo. Sin embargo, en los pacientes con

la amígdala dañada la activación que se observaba en el córtex visual era similar a la que tenía lugar frente a las caras con expresión neutral, lo que indicaba que la amígdala estaba influyendo en ese aumento de actividad del córtex visual.

En general, diferentes experimentos muestran que los procesos de percepción de detalles son más eficaces cuando están asociados a un estímulo amenazante. Este hecho tiene un significado evolutivo claro, pues para un organismo supone una ventaja adaptativa poder aprender a identificar mejor cuándo está en peligro. La reacción automática de huir a toda prisa o presentar oposición ante la percepción de un peligro cierto es una magnífica ventaja adaptativa en un medio hostil. Gracias a esta característica, nuestros ancestros aumentaban sus posibilidades de descendencia, lo que les permitía procrear más que los que carecían de esta capacidad, por lo que acabó estando presente en todas las poblaciones humanas.

Hay evidencias significativas de que las señales con componentes emocionales son procesadas por la amígdala de forma automática, independientemente de cómo intervengan la atención y la conciencia. De hecho, esta detección de la emoción puede alterar tanto la percepción como la atención y la memoria. En animales se ha comprobado que la percepción de amenazas potenciales por parte de la amígdala es previa a la percepción completa de la situación, y por lo tanto sería también previa al análisis cognitivo completo. Ahora bien, algunos estudios indican que las funciones cognitivas podrían influir en la amígdala para modular la respuesta emocional.

El control emocional a través del empleo de las funciones cognitivas puede evaluarse mediante un experimento en el cual se les presenta a los voluntarios una serie de fotografías que muestran escenas capaces de activar la amígdala, por ejemplo, una

mujer llorando en la puerta de una iglesia. Ante estas imágenes se les pide que realicen una reevaluación de la escena en un sentido menos dramático: el llanto puede ser consecuencia de haber asistido al funeral de un familiar, pero también a la boda de un allegado. Como consecuencia de la reevaluación consciente, la amígdala reduce su actividad y pasa a ponerse en marcha el córtex prefrontal. Eso se ha visto también en experimentos de extinción del miedo condicionado. Cuando se regula la emoción, controlándola, se observa una activación del córtex prefrontal, en particular de la parte lateral izquierda y también la ventromedial, áreas involucradas en la memoria de trabajo y que pueden actuar disminuyendo negativamente la respuesta emocional inhibiendo la amígdala. Es posible que los mecanismos que permiten a los soldados controlar su miedo en situaciones de peligro objetivo estén relacionados con la actividad de sus cortezas prefrontales, y quizás sea este el motivo por el cual los mandos militares prefieren soldados «equilibrados y juiciosos» con una presumible buena función de sus cortezas prefrontales, antes que soldados impulsivos, irreflexivos e inconscientes que en último término no podrían ser capaces de controlar sus miedos.

Emoción y toma de decisiones

Actualmente una de las áreas de mayor interés en neurociencia es el estudio de la influencia de las emociones en la toma de decisiones. Abandonada la idea de que nuestras decisiones son siempre racionales, se pretende averiguar cómo interviene el estado emocional en los procesos de toma de decisión en lo referente a economía (por qué se decide vender o comprar determinadas acciones en la Bolsa, o por qué se compra un producto u otro en

el supermercado), en sociología, política (por qué se decide votar a determinado partido político), ciencia (por qué decidimos trabajar en un proyecto de investigación y no en otro), por no hablar de la esfera individual (elección de profesión, pareja, amigos, etcétera). Resulta evidente que en este campo hay grandes intereses económicos que atañen a las compañías comerciales, las cuales sin duda invierten cuantiosas sumas en investigación; pero estos estudios también son significativos porque pueden revelarnos cómo funcionan nuestros cerebros en las encrucijadas que vamos encontrando en la vida personal.

En un excelente trabajo de 2008, los doctores Brian Knutson y Stephanie Greer lograron detectar cambios cerebrales segundos antes de una decisión, que permiten anticipar si la persona realizará una compra o no. Así, ante la presentación de un determinado producto, un aumento de actividad a nivel del núcleo *accumbens* anticipa que la persona lo comprará; por el contrario, un aumento de la actividad de la ínsula unida a una disminución de la actividad del córtex prefrontal está correlacionada con un rechazo de la compra, para el que se suele argumentar que el precio de venta es superior al que se está dispuesto a pagar. En general, este y otros experimentos muestran que un aumento de la actividad del núcleo *accumbens* augura una toma de decisiones de mayor riesgo mientras que un aumento de la actividad de la ínsula anterior se asocia a una tendencia a evitar riesgos. En otro grupo de experimentos, a los voluntarios se les presentaban imágenes positivas (hedónicas), neutras o negativas (serpientes y arañas) antes de proponerles escoger entre un juego de alto riesgo y uno de bajo riesgo. De acuerdo con lo anteriormente expuesto, las imágenes positivas predisponían a aceptar el juego de alto riesgo, lo que los autores, el mencionado Knutson y Camelia Kuhnen, de la universidad de Stanford, conectan al hecho de que los casinos

El caso de Tammy Myers: el peso de las emociones en la toma de decisiones

En los primeros capítulos del libro, se mencionaron las emociones que nos hablan de nuestro cuerpo. Aquellas que nos indican si tenemos sed, hambre, frío, nervios o si sentimos vergüenza, por ejemplo. Las señales que llegan al cerebro de las diferentes partes de nuestra anatomía se analizan en la corteza orbitofrontal, la que queda justo por encima de las cuencas oculares.

Esa región cerebral es precisamente la que se dañó Tammy Myers en un accidente de moto, y su caso clínico, expuesto por David Eagleman en su libro *El cerebro*, nos sirve para ilustrar la relevancia de las emociones en la toma de decisiones. Esta joven ingeniera sobrevivió al grave accidente que sufrió, pero la lesión de la corteza orbitofrontal la dejó en un estado de indecisión permanente. ¿Por qué? Porque es incapaz de tomar decisiones. Ante cualquier situación en que deba elegir una opción u otra, por sencilla que sea la elección, Tammy se queda sumida en la indecisión, ya que su cerebro no sabe «leer» las señales de su cuerpo.

Veámoslo con un ejemplo cotidiano. Imaginemos que una noche Tammy va a lanzar la basura y al lado del contenedor descubre una gran rata. Su cerebro puede analizar muchísimos detalles sobre la rata —tamaño, color, metros de distancia—, pero no «leerá» las señales fisiológicas que le envíe su cuerpo: su corazón no se acelerará, no se alterarán las hormonas ni se abrirán las glándulas sudoríparas. Esas señales son básicas para guiar las decisiones que hemos de tomar, en este caso para no incurrir en riesgos innecesarios, pero en Tamy no se producen de manera automática. El hecho de que las opciones que se le plantean ante cada disyuntiva carezcan de un valor emocional especial le impide tomar decisiones de manera rápida. Está claro que cada proceso de decisión —por pequeña que sea esta: qué leche elijo en el supermercado, o si hoy desayuno fruta o bocadillo— se inicia y se acaba con una emoción.

saturan a los jugadores con incentivos como comida gratis o muy barata, regalos sorpresa o bebidas para facilitar los efectos anticipatorios de optar por juegos de mayor riesgo.

Que las decisiones humanas en relación a la economía no son racionales y lógicas queda bien demostrado por los resultados de

otro estudio publicado en la revista *Science* en 2003. Se trata de un juego con dos participantes, a uno de los cuales se le da una cantidad de dinero, pongamos diez dólares o euros, y se le pide que lo reparta con el otro participante, que está al corriente de la cantidad de dinero que se le ha dado; este segundo participante puede aceptar la oferta del primero —que puede proponer un reparto del dinero al 50 %, o bien 60 % para uno y 40 % para otro, o incluso 90 % para uno y solo 10 % para otro— o rechazarla: si la acepta, se reparten el dinero como han acordado, pero si la rechaza, ambos jugadores lo pierden todo. Desde el punto de vista lógico, sería de esperar que incluso una oferta del 10 % fuera aceptada, ya que es más que nada, pero no es lo que ocurre con la mayoría de los participantes de este juego, que rechazan generalmente las ofertas demasiado bajas; como consecuencia de estas decisiones, ambos jugadores lo pierden todo. Pero si los participantes juegan frente a un ordenador —es decir, un programa informático hace la oferta de reparto y la persona decide aceptarla o no—, hay una mayor tendencia a aceptar las ofertas desequilibradas, que pasan de ser aceptadas por un 30 % de los participantes a ser tomadas por más de un 60 % de quienes realizan el juego. Es decir, los participantes están haciendo una valoración moral de la oferta y toman una decisión que incluso les perjudica económicamente, pero si la oferta la hace un ordenador prevalece la lógica económica del beneficio. Al mismo tiempo que realizaban el juego, se les tomaban imágenes mediante fMRI y se vio que ante las ofertas que consideradas injustas o desequilibradas se activaban la ínsula anterior, el córtex prefrontal y el córtex cingulado. Curiosamente, los resultados del experimento han sido distintos cuando se han realizado con personas de diferentes países: los campesinos de América del Sur y de África tienen una mayor tendencia a aceptar ofertas de reparto muy desiguales en comparación con personas de países

occidentales industrializados y ricos. Así pues, se ha constatado que el desarrollo económico de una comunidad tiene influencia sobre la respuesta a esta prueba.

Los experimentos de juegos también han aportado considerable información acerca del componente emocional en la toma de decisiones. Para los experimentos efectuados por el equipo de Damásio, se utilizaron cuatro tipos de barajas de cartas: A, B, C y D. Cada baraja contiene cartas que se van descubriendo y que otorgan premios o penalizaciones de dinero. Los dos primeros tipos de cartas ofrecen premios altos y también penalizaciones altas, tan altas que pueden dar lugar a la pérdida de todo el dinero que se le asigna al participante. Los otros dos tipos de cartas conceden premios bajos y penalizaciones también bajas, y globalmente permiten al jugador ganar cantidades modestas pero significativas de dinero. El jugador puede escoger, en cada jugada, qué tipo de carta descubre, si de la baraja A, B, C o D, y el número de jugadas es elevado (alrededor de 100). En general, al cabo de unas cuantas jugadas escogiendo al azar entre las cuatro barajas, las personas tienden a darse cuenta de que unas barajas son «peligrosas» y otras en cambio dan ganancias pequeñas pero bastante seguras, y en general suelen inclinarse por cartas de estas últimas, por lo que acaban el juego con algunos beneficios. Lo curioso es lo que ocurre con los pacientes con lesiones frontales (como Phineas Gage y Elliot), que al principio realizan el juego como los demás, pero luego no optan por las cartas con poco beneficio y poca penalización, sino que siguen escogiendo cartas que implican mucho beneficio y también mucha penalización, con lo que a largo plazo acaban sufriendo pérdidas, a pesar de que detectan, igual que el resto de jugadores, que las cartas de alto beneficio ocasionan altas penalizaciones y las cartas de bajo beneficio, bajas penalizaciones. Mantienen la apuesta por las

cartas arriesgadas, al igual que hacen en su vida cotidiana. De acuerdo con las interpretaciones de los autores del estudio, esto sería principalmente debido a dos causas: la actividad anormal del marcador somático, que funcionaría inconscientemente y en este caso no avisaría del riesgo, y una especie de «miopía para el futuro», en palabras del propio Damásio, de modo que la lesión prefrontal impediría la construcción del escenario a largo plazo de las consecuencias del juego.

Todavía más interesante resulta lo que se observó cuando se midió la conductancia dérmica con el polígrafo mientras ambos tipos de pacientes, normales y con lesiones frontales, realizaban el juego. Cada vez que un jugador obtenía una ganancia o una pérdida había cambios en la conductancia dérmica, y eso era válido tanto para los individuos de control como para los que tenían lesiones prefrontales. A medida que el juego avanzaba, los individuos de control experimentaban cambios en la conductancia dérmica cada vez que extraían una carta de las barajas peligrosas, lo que indicaba que el cerebro había aprendido el riesgo que tenían esas barajas y lo predecía en forma de este marcador somático. Sin embargo, los pacientes con lesión frontal no mostraban estos cambios, es decir, su cerebro no estaba realizando la predicción que los individuos no lesionados sí conseguían realizar, motivo por el cual persistían en el riesgo, a pesar de que racionalmente sabían que esas cartas no eran convenientes.

Es mucho lo que todavía se desconoce acerca de los mecanismos de la toma de decisiones, pero estos resultados apuntan a que los sistemas somáticos intervendrían de forma crítica, y que habría alteraciones celulares y/o moleculares subyacentes a estos procesos que una vez se pensó que serían puramente mentales y desprovistos de toda base física.

EPÍLOGO



A lo largo de las páginas precedentes se ha ido viendo cómo la investigación de los procesos emocionales ha evolucionado desde los heroicos orígenes de Darwin y James-Lange, cuando tan solo se disponía de la observación sagaz para aproximarse a un problema. Las técnicas de imagen han revolucionado la investigación de este campo ya que permiten conocer cuáles son las regiones que se activan ante una situación concreta. Las lesiones de zonas específicas del cerebro también han ilustrado aspectos muy relevantes acerca del papel de las distintas regiones cerebrales en los procesos emocionales, según demuestra el trabajo de Damásio y sus colaboradores. Como tantas veces ha ocurrido a lo largo de la historia de la medicina, lo patológico enseña cómo tiene lugar el proceso normal y fisiológico.

Nada hace pensar que los procesos emocionales no obedezcan a las mismas leyes físico-químicas y biológicas que cualquier otro de los procesos controlados por los sistemas neuronales, como pueden ser la regulación de la temperatura, la eliminación o conservación del agua, la alimentación o el comportamiento reproductivo. La conexión entre sistemas neuronales y no neuronales es también fundamental, igual que ocurre en los mencionados procesos fisiológicos. Por lo tanto, en el estudio de las emociones se puede descartar la existencia de cualquier elemento ajeno a la materia científica.

En los próximos años muy probablemente se producirán grandes avances en el conocimiento de la biología de las emociones.

Los resultados combinados de la microscopía de dos fotones (que permite ver neuronas activas en tiempo real), la optogenética (con la que el experimentador puede activar circuitos neuronales concretos y específicos a su voluntad) y la epigenética harán que se profundice notablemente en el conocimiento de la biología de estos procesos, aunque eso sí, en modelos animales. El perfeccionamiento de las técnicas de neuroimagen no invasiva permitirá conocer los procesos equivalentes en seres humanos. Es probable que los efectos de la intervención psicoterapéutica puedan llegar a observarse mediante técnicas de neuroimagen. De hecho, ya ha habido avances, lo que influirá en la mejora de las técnicas de psicoterapia, que podrán ser refutadas o confirmadas. De manera análoga, la pedagogía se beneficiará de tales progresos, que se podrán aplicar a los desarrollos de aprendizaje, como ya se ha indicado.

El proyecto Conectoma Humano pretende llegar a conocer las conexiones anatómicas y funcionales del cerebro humano sano. Una vez establecidos los circuitos implicados, la aplicación al conocimiento de los procesos emocionales tendrá repercusiones que son difíciles de imaginar actualmente. En los próximos años, según afirman los grandes expertos en la materia, el conocimiento del cerebro aumentará de forma exponencial, lo que sin duda dará lugar a aplicaciones que hasta ahora ni siquiera se sospechan.

Como consecuencia de los avances en la neurobiología de la emoción, ya ha aparecido una nueva disciplina, el *neuromarketing*, que incorpora los conocimientos de los procesos emocionales implicados en la toma de decisiones para aplicarlos a la venta de productos, bienes o servicios. Dada la importancia del componente emocional en las compras, esta disciplina logra optimizar las ventas, así como la cuenta de resultados, utilizando los avances neurocientíficos. En realidad, es algo que las empresas

han estado aplicando desde hace muchos años, aunque sin conocimientos sólidos de neurobiología: sabido es que los anuncios comerciales a menudo aportan un componente emocional a un producto, como el coche que convierte a quienes lo conducen en personas felices, sanas y triunfadoras. Alegría, satisfacción y amor son emociones que a menudo han acompañado al producto en venta desde los inicios de la publicidad, cuando apenas se tenía alguna noción de lo que eran las neuronas. Los avances en el conocimiento de la toma de decisiones no tardarán en ser utilizados también por las empresas para intentar incrementar sus ventas.

Por otro lado, la neuroeconomía, disciplina que aplica los avances en la neurobiología de la emoción a la comprensión de los fenómenos económicos, posiblemente ayudará a gestionar mejor algunas crisis financieras en que las decisiones individuales acaban produciendo desastres globales. Es conocido que, en la crisis de 1929, los ataques de pánico de los inversores bursátiles acabaron agravando la situación, una crisis que provocó empobrecimiento masivo, paro, hambre y suicidios, y en último término contribuyó a desencadenar una guerra mundial. Las emociones de alegría primero, sorpresa y miedo después, y finalmente tristeza intervinieron en el desencadenamiento de la peor crisis económica que ha sufrido el mundo contemporáneo. El mejor conocimiento de estas emociones y su influencia en la toma de decisiones individual también podría servir para gestionar la génesis de las futuras crisis.

La creciente influencia de los conocimientos sobre la anatomía y la fisiología del cerebro ha llegado a algunos sitios de citas online que, según anuncian, aplican los avances en neurociencia para ayudar a encontrar pareja; buscan establecer una compatibilidad química en función de los niveles de dopamina, oxitocina

y vasopresina, estimada a partir de exámenes de personalidad, o aplicando la relación entre el dedo índice y el anular como una medida de la exposición a testosterona durante su desarrollo embrionario y argumentando que de esta manera el cliente encontrará una pareja neurobiológica y neuroquímicamente compatible. Otros han intentado dar con una compatibilidad genética. La validez de estos planteamientos resulta bastante dudosa, dada la complejidad y la intervención de múltiples factores en la elección amorosa, y más aún de la evolución a corto, medio y largo plazo de una relación. Pero sirva como ejemplo de cómo los avances científicos en este campo van a encontrar aplicaciones sociales.

Se trata de los inicios de una eclosión de conocimientos acerca del cerebro humano que tendrá lugar en los próximos años y décadas. Esto revolucionará por completo campos como la psicología, la economía, la política o la sociología. Aspectos que parecen tan alejados de la fisiología como son la ética, las decisiones morales o la empatía ya están siendo objeto de estudio por parte de grupos de neurociencia que aplican algunos de los enfoques que se han ido comentando a lo largo de este libro.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- A. Damásio, *El error de Descartes*, Destino, Barcelona, 2011.
- Ch. Darwin, *La expresión de las emociones en el hombre y los animales*, Laetoli, Pamplona, 2009.
- G. Frazzetto, *Cómo sentimos*, Anagrama, Barcelona, 2014.
- E. Johnston y L. Olson, *The Feeling Brain*. Nueva York, W.W Norton and Co., 2015.
- A. R. Luria, *El hombre con su mundo destruido*. Argentina, Granica editor, 1973.
- A. R. Luria, *Mirando hacia atrás*. Madrid, Norma, 1979.
- A. R. Luria, *Pequeño libro de una gran memoria. La mente de un mnemonista*. Asturias, Krk Ediciones, 2012.
- R. Plutchik, «The Nature of Emotions», *American Scientist*, vol. 89, p. 344, 2001.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

A. Damásio, *El error de Descartes*, Destino, Barcelona, 2011.

Un ensayo completo que muestra claramente, a través de experimentos científicos y casos clínicos, que la distinción entre lo racional y lo emocional tal y como la entendía Descartes ya no es sostenible. Finalmente, se reconoce el valor cognitivo de las emociones.

A. Damásio, *En busca de Spinoza*, Crítica, Barcelona, 2009.

En este libro, el famoso neurólogo discute desde el punto de vista neurocientífico y basándose en experimentos y casos clínicos acerca de las emociones y los sentimientos en consonancia con lo apuntado por el filósofo Baruch Spinoza en el siglo XVII, para el que los sentimientos y las emociones representaban una parte fundamental del ser humano.

Ch. Darwin, *La expresión de las emociones en el hombre y los animales*, Laetoli, Pamplona, 2009.

A pesar de los años transcurridos desde su primera edición (1872), esta obra sigue siendo de gran interés, ya que representa el primer abordaje realizado para comprender las bases biológicas de la emoción en consonancia con las ideas evolutivas apuntadas en *El origen de las especies*. Ha servido como inspiración y base de muchas de las investigaciones llevadas a cabo en este campo.

G. Frazzetto, *Cómo sentimos*, Anagrama, Barcelona, 2014.

Magnífica referencia que combina amenidad y rigurosidad en torno a las principales emociones y que incluye descripciones neurobiológicas, investigaciones científicas, así como aspectos filosóficos, literarios y aspectos personales del autor.

E. Johnston y L. Olson, *The Feeling Brain*, W.W Norton and Co., Nueva York, 2015.

Excelente monografía con revisiones científicas que resumen y ponen al día de los principales avances, resultados y conclusiones actuales en investigación en neurociencia emocional y cognitiva. Especialmente indicado para el lector interesado en conocer más detalles acerca de este tema.

EL CEREBRO Y LAS EMOCIONES

Sentir, pensar, decidir

Gracias a los recientes avances en el conocimiento del cerebro y a las evidencias experimentales acumuladas, hoy sabemos que las emociones, además de hacernos, al igual que la razón, propiamente humanos, desempeñan un rol esencial en el correcto funcionamiento de nuestras «facultades elevadas». Así, por ejemplo, diversos estudios han demostrado que memorizamos más y mejor aquellas informaciones que están vinculadas a emociones. En definitiva, y como ya intuyó Charles Darwin, uno de los precursores de la neurociencia afectiva, si las emociones están ahí es porque cumplen una función positiva en nuestra supervivencia como especie.

El propósito del presente libro es, precisamente, hacer una reivindicación, razonada y sensata, de las emociones, mientras se profundiza en el conocimiento de las características distintivas de cada una de ellas así como en el de sus procesos de activación.



00002



8 425536 002458